

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES  
PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES  
PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES  
Projet R709.1**

**Rapport Final**

Jochen A.G. Jaeger<sup>1</sup>, Katrina Bélanger-Smith<sup>2</sup>, Jorge Gaitan<sup>1</sup>, Judith Plante<sup>1</sup>,  
Jeff Bowman<sup>3</sup>, Anthony P. Clevenger<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Université Concordia, Département de géographie, urbanisme et  
environnement

<sup>2</sup>Université Concordia, Département de biologie

<sup>3</sup>Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry & Université Trent

<sup>4</sup>Université d'État du Montana, Western Transportation Institute (WTI-MSU)

Comité directeur:

E. Alain<sup>5</sup>, H. Bastien<sup>6</sup>, P. Blanchette<sup>6</sup>, J. Boucher<sup>5</sup>, J. Bowman<sup>3</sup>, M. Cheveau<sup>6</sup>,  
A.P. Clevenger<sup>4</sup>, A. Desrochers<sup>7</sup>, M. Lafrance<sup>5</sup>, Y. Leblanc<sup>8</sup>, M. Michaud<sup>5</sup>,

<sup>5</sup>Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des  
transports du Québec

<sup>6</sup>Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec

<sup>7</sup>Université Laval, Centre d'étude de la forêt

<sup>8</sup>AECOM Consultants Inc., Directeur de projet, Études environnementales

Réalisé pour le compte du ministère des Transports, de la Mobilité durable et  
de l'Électrification des transports du Québec  
Chargé de projet: M. Lafrance

Octobre 2017

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

La présente étude a été réalisée à la demande du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports du Québec et a été financée par la Direction de l'environnement de la recherche.

Les opinions exprimées dans le présent rapport n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les positions du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports du Québec. Certains coauteurs ont contribué à certains chapitres de ce rapport et d'autres parties du rapport ne reflètent pas nécessairement leurs positions.

**Collaborateurs**

D<sup>re</sup> Marianne Cheveau, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec

D<sup>r</sup> André Desrochers, Université Laval, Centre d'étude de la forêt

**Traduction par**

Dominique Fournier, Services linguistiques DF, et  
Yves Leblanc, AECOM Consultants Inc.



## REMERCIEMENTS

Nous remercions le Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports du Québec (MTMDET) d'avoir accordé le financement pour ce projet de recherche (2012 à 2017). Cette étude découle de la précieuse contribution de nombreuses personnes. Notamment, nous sommes très reconnaissants envers :

- Rodrigo Lima, pour son apport considérable au cours de la deuxième année de ce projet relativement au travail sur le terrain, à l'analyse de données, à la rédaction de rapports et aux commentaires éclairants en ce qui concerne la conception d'étude lié à l'objectif 3;
- Robby Marrotte, pour le travail sur le terrain, l'analyse de données et la rédaction de rapports en ce qui concerne l'objectif 3 au cours de la troisième année du projet;
- April Martinig, pour le travail sur le terrain, la collecte et à l'analyse de données dans le cadre de son mémoire (MSc), lequel contribua à ce rapport;
- D<sup>re</sup> Marianne Cheveau (MFFP) pour l'orientation, les conseils et le soutien lors du travail sur le terrain pour réaliser l'objectif 3, la formation et la supervision lors des méthodes de capture et de manipulation des martres, pour le matériel mobile (p. ex., le vaporisateur à isoflurane) et ses rétroactions à l'égard d'une version antérieure de ce rapport;
- Yves Bédard (MTMDET), pour la promotion active de la recherche liée aux mesures d'atténuation relatives aux routes au Québec et pour agir en tant que chargé de projet et président du comité directeur pour les trois premières années de celui-ci avant de prendre sa retraite en 2015;
- D<sup>r</sup> André Desrochers, pour avoir agi comme cosuperviseur aux étudiants à la maîtrise, J. Plante et A. Martinig, ainsi que pour ses conseils en statistique;
- D<sup>r</sup> Guillaume Larocque et D<sup>r</sup> Cédric Frenette Dussault (Centre de la science de la biodiversité du Québec), pour leurs conseils en statistique;
- Mary-Helen Paspaliaris, pour l'analyse des photos prises à l'intérieur des passages fauniques au cours des années 2010 et 2011 dans le cadre de son mémoire de baccalauréat tenue en 2012 et 2013;
- Rochelle Methot, de tout son soutien à l'égard de la coordination et l'organisation des conférences;
- Dominique Fournier et Yves Leblanc, pour avoir traduit ce rapport en français à partir d'une version originale en anglais.

Nous remercions très sincèrement les techniciens de terrain : Véronique Bouchard, Évan Hovington, Sarah Sherman Quirion (MFFP), Simon Tapper, Solène Tremblay-Gendron, Carlos Zambrano ainsi que D<sup>re</sup> Guylaine Séguin (MFFP), la vétérinaire spécialiste des animaux sauvages.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

Nous sommes heureux de reconnaître l'aide précieuse offerte par de nombreux bénévoles sur le terrain comme au bureau, qui ont consacré tant de leur temps, leur énergie et leur expertise dans le cadre de ce projet, notamment Sandra Anastasio, Kenzi Azmi, Tanya Barr, Lisa Bidinosti, Amy Blaser, Véronique Bouchard, Ross Bushnell, Bertrand Charry, Bre-Anne Breton, Megan Chan, Polly Chen, Josephine Cheng, Sarah Courtemanche, Megan Deslauriers, Carling Dewar, Melanie Down, Mark Dodds, Daphnée Gariépie, Valérie Hayot-Sasson, Amy Jones, Emily Kerr, Lasoi Ketere, Aurélie Lagueux-Beloin, Benjamin Larue, Juliette Lees, Gabriel Lopez, Stephen Macfarlane, Samantha Morin, John O'Connor, Gregor Pachmann, Mary-Helen Paspaliaris, Dylan Robinson, Simon Tapper, Genevieve D. Timmons ainsi que Carlos Zambrano.

Nous sommes vraiment heureux de reconnaître les diverses contributions de Ben Brunen, D<sup>r</sup> Scott Findlay (Université d'Ottawa), Antonia Ibanez, Angela Parker, D<sup>re</sup> Trina Rytwinski (Université Carleton), Marguerite Trocmé (Office fédéral des routes, Berne, Suisse), ainsi que les membres du Laboratoire de recherche sur l'écologie géomatique et paysagiste, et plus particulièrement, D<sup>re</sup> Lenore Fahrig de l'Université Carleton à Ottawa.

Nous voulons aussi remercier les membres de jury de maîtrises et les examinateurs (les D<sup>rs</sup> James Grant, Robert Weladji, Dylan Fraser, Pascale Biron, Jeff Bowman, Jean-Philippe Lessard ainsi que Grant Brown).

Nous reconnaissons grandement les conseils et les contributions constructives des membres qui composent le comité directeur de ce projet :

- Éric Alain, du MTMDET, qui a également fourni un soutien logistique, p. ex., pour des pièges photographiques de marque *Reconyx* à utiliser à l'intérieur des passages;
- Héloïse Bastien, du MFFP;
- Yves Bédard, du MTMDET (jusqu'en 2015);
- D<sup>r</sup> Pierre Blanchette, du MFFP;
- Julie Boucher, du MTMDET;
- D<sup>r</sup> Jeff Bowman, du Ministère des Ressources naturelles et de la Foresterie de l'Ontario;
- D<sup>r</sup> Anthony P. Clevenger, de l'Université de l'État du Montana, qui a également agi comme cosuperviseur à l'étudiante à la maîtrise, Katrina Bélanger-Smith;
- D<sup>r</sup> André Desrochers, de l'Université Laval;
- Martin Lafrance, du MTMDET;
- Yves Leblanc, d'AECOM Consultants Inc.;
- Michel Michaud, du MTMDET.

Nous remercions les membres du comité aviseur élargi, qui comprend des représentants des principaux groupes et organismes intéressés par le projet :

- Jean-Emmanuel Arsenault, du Parc national de la Jacques-Cartier, Sépaq (jusqu'en avril 2014);

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

- Sylvain Boucher, de la Réserve faunique des Laurentides, Sépaq;
- Mathieu Brunet, du Parc national de la Jacques-Cartier, Sépaq;
- Amélie D'Astous, de la Nation Huronne-Wendat;
- Louis Desrosiers, de la ville de Stoneham;
- Benoit Dubeau, du Parc national de la Jacques-Cartier, Sépaq (depuis mai 2014);
- André Rouleau, des Parcs nationaux des Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie;
- Hugues Sansregret, de la Forêt Montmorency;
- Audrey Turcotte, du MTMDET.

Nous sommes heureux de reconnaître la précieuse collaboration des divers trappeurs de la RFL et de la Zec des Martres. Nous sommes reconnaissants au MFFP de nous avoir permis d'utiliser les données qui portaient sur la récolte liée au piégeage pour la RFL.

Une habitation était gracieusement fournie par la Sépaq à l'été 2012, 2013, 2014 ainsi que 2015, située au kilomètre 129 et connue sous le nom de « Les Fourches ». Elle a contribué par son emplacement idéal, au milieu de notre zone d'étude, à la réussite de ce projet en hébergeant pendant l'été les nombreux bénévoles. Ceci donnait accès aux sites sur le terrain afin de réaliser nos travaux à temps, de façon plus aisée et efficace. Nous remercions aussi Roland Lemieux d'avoir donné l'accès et avoir permis l'utilisation de l'équipement ainsi que de l'habitation.

Quelques résultats qui découlent de ce projet étaient présentés lors de l'atelier « Réunion de partage d'expertise sur la connectivité des habitats terrestres aux abords des corridors routiers et les collisions avec la faune » qui s'est tenu à Québec le 8 décembre 2016. Les précieux commentaires de tous les participants méritent toute notre reconnaissance.

Nous remercions tous les organismes impliqués, de près ou de loin, dans ce projet d'envergure, pour leur collaboration constructive (en ordre alphabétique) :

- AECOM Consultants Inc.;
- Association forestière des deux rives (AF2R);
- Association régionale des trappeurs Laurentiens;
- Camp Mercier;
- Forêt Montmorency;
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques du Québec (MDDELCC);
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP);
- Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports du Québec (MTMDET);
- Nation Huronne-Wendat;
- Parc national de la Jacques-Cartier (PNJC);
- Parc national des Grands-Jardins (PNGJ);

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

- Société des établissements de plein-air du Québec–Réserve faunique des Laurentides (RFL);
- Sûreté du Québec, Patrouille Secours basée dans la RFL;
- Université Concordia (Département de Géographie, Urbanisme et Environnement et le Département de Biologie);
- Ville de Stoneham;
- Zec des Martres.

Les permis de recherche étaient obtenus lors de chaque année d'étude de la part de tous les organismes pertinents de réglementation. Le résumé des Protocoles d'utilisation des animaux, les Demandes de permis SEG ainsi que les Certificats de bons soins aux animaux étaient approuvés annuellement aussi bien par le comité d'éthique de la recherche sur les animaux de l'Université Concordia (CERAU) et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP).

Tous les efforts de capture respectaient les lignes directrices du Conseil canadien de protection des animaux (2003).

## SOMMAIRE

Lors de l'élargissement de deux à quatre voies de la route 175 (de 2006 à 2011) entre les villes de Québec et de Saguenay, 33 passages fauniques inférieurs ont été mis en place entre les km 60 et 144. Ils comptent parmi les premiers passages fauniques au Québec conçus spécifiquement pour les mammifères de petite et de moyenne taille. Leur intégration au projet d'amélioration de la route 175 n'était pas liée principalement à un objectif d'améliorer la sécurité routière pour les usagers de la route. Toutefois, cette dernière constitue néanmoins une considération importante dans le cas des mammifères de petite et de moyenne taille. En effet, les usagers de la route sont souvent surpris par la présence de ces mammifères sur la chaussée et ils essaient de les esquiver en modifiant la trajectoire de leur véhicule. Ces manœuvres peuvent se traduire par une perte de contrôle du véhicule et engendrer des accidents. De récentes estimations de blessures humaines et de dommages subis par les véhicules lors d'accidents survenus au Maine ont été rendues disponibles par le *Maine Department of Transportation*. Elles indiquent clairement que les mammifères de taille moyenne présentent un risque important pour la sécurité routière.

Près des deux tiers (133 km) de la longueur totale de la route 175 entre Québec et Saguenay (210 km) traversent la Réserve Faunique des Laurentides (RFL). De longs tronçons routiers avoisinent directement le parc national de la Jacques-Cartier (PNJC). La RFL et le PNJC fournissent des habitats importants à plusieurs espèces fauniques. L'emprise de la route à quatre voies (deux chaussées) occupe une largeur environ trois fois plus élevée (90 à 100 m) qu'avant le projet d'amélioration (30 à 35 m). Ceci a eu pour effet d'éloigner la distance entre les milieux forestiers de part et d'autre de la route par une longueur qui risque d'être difficile, voire impossible à franchir sans danger par les mammifères de petite et de moyenne taille. Des clôtures d'exclusion pour la faune de taille moyenne ont été installées de part et d'autre de chaque entrée de passage. Elles mesurent environ 100 m de longueur de chaque côté et 90 cm de hauteur avec une taille de mailles de 6 cm X 6 cm.

Les mesures d'atténuation visaient trois objectifs généraux :

- A. réduire les risques de mortalité de la faune et augmenter la sécurité routière pour les usagers de la route;
- B. améliorer la perméabilité de la route, c.-à-d. l'accès aux habitats fauniques situés de part et d'autre de la route pour toutes les espèces;
- C. conserver la connectivité entre les processus écologiques de part et d'autre de l'axe routier et ne pas compromettre la survie à long terme des populations fauniques de la région.

L'information relative à l'efficacité de ces mesures d'atténuation s'avère très utile pour leur propre entretien de même que pour l'identification des possibilités

d'amélioration de la conception et de leur installation. Elle peut également servir dans l'aménagement futur du réseau routier via la mise en place de mesures d'atténuation destinées à la faune pour de nouvelles routes ou celles déjà existantes ailleurs au Québec.

Ce projet de recherche comporte trois volets et ses objectifs consistaient en :

1. **Mortalité routière** : Déterminer et caractériser les lieux ainsi que les taux de collision entre les véhicules et les mammifères de petite et de moyenne taille, ainsi qu'évaluer la variation de la fréquence de la mortalité routière à proximité des lieux de mise en place de mesures d'atténuation (passages et clôtures);
2. **Efficacité des passages fauniques** : Déterminer l'efficacité des différents types de passages fauniques destinés aux mammifères de petite et de moyenne taille (ponceaux secs, ponceaux rectangulaires avec tablette de bois, ponceaux rectangulaires avec tablette de béton, ponceaux rectangulaires avec banquette de béton);
3. **Perméabilité de la route** : Évaluer comment les mesures d'atténuation assurent une bonne perméabilité de la route à la faune et le flux génétique de part et d'autre de la route pour la martre d'Amérique, espèce cible.

Les méthodes suivantes ont été utilisées :

1. **Mortalité routière** : Relevés de mortalité routière durant quatre périodes estivales (de 2012 à 2015);
2. **Efficacité des passages fauniques** : la fréquentation de 18 passages fauniques par la faune fut l'objet d'une surveillance permanente de juin 2012 à août 2015 (nuit et jour, toute l'année) grâce à des caméras numériques (*Reconyx HC 600*);
3. **Perméabilité de la route** : Une combinaison de radiotélémetrie VHF, de capture-marquage-recapture, de caméras numériques dans les passages fauniques et d'analyses génétiques.

## Résultats principaux

1. **Mortalité routière** : Au cours de quatre périodes estivales, 893 carcasses ont été détectées et elles appartenaient à 13 espèces différentes ou groupes taxonomiques. Le porc-épic d'Amérique était l'espèce la plus fréquente dans les mortalités, suivi du renard roux, de la marmotte commune, de la mouffette rayée et du lièvre d'Amérique.

Nos données indiquent que la présence de clôtures réduit la mortalité routière à l'intérieur des segments clôturés, mais l'échantillon est trop faible pour atteindre le seuil de signification statistique. Cependant, la mortalité routière était plus élevée pour les segments « extrémité de clôture » par rapport à ceux clôturés et non clôturés (l'effet « extrémité de clôture »). Par conséquent, il n'y avait pas de



réduction de la mortalité totale en comparaison avec les segments non clôturés car les clôtures se sont avérées trop courtes.

La présence d'un terre-plein central entre les deux chaussées couvert d'arbustes et la proximité de la forêt à la chaussée augmentent le nombre de mammifères de moyenne taille (> 1 kg) tués sur la route. La probabilité de détection ( $p$ ) des mortalités routières pour toutes les espèces s'élevait à 0,72. Cependant, elle était seulement de 0,17 pour les espèces de petite taille (< 1 kg) comparativement à 0,82 pour celles de moyenne taille (> 1 kg). La plupart des espèces étaient plus souvent observées lors des relevés effectués en matinée, notamment pour les petits mammifères, alors que pour trois espèces (renard roux, porc-épic d'Amérique et marmotte commune) les relevés en soirée affichaient un plus grand nombre de mortalités routières. Pour les relevés futurs, nous recommandons une combinaison de relevés réalisés en matinée et en soirée.

Nous avons estimé à 2 900 individus (1 000 – 5 600) de taille moyenne et à 10 600 individus (2 300 – 542 700) de petite taille le nombre total annuel de mortalités routières sur la route 175 entre les km 64 et 223 (zone hors agglomération). L'estimé pour les individus de petite taille possède toutefois une très grande incertitude.

Le nombre de porcs-épics et de renards roux tués sur la route 175 peut s'avérer une préoccupation à l'échelle de la population. Cette question devrait être examinée dans une étude de suivi (voir ci-dessous la recommandation 12). Le porc-épic affiche un faible taux de reproduction et il n'évite pas les routes ni les véhicules, ce qui rend la population plus vulnérable que les autres espèces à la mortalité routière.

**2. Efficacité des passages fauniques :** Des franchissements complets ont été observés, par au moins une espèce de mammifères de petite ainsi qu'une autre de moyenne taille, dans les 18 passages fauniques qui ont fait l'objet d'un suivi dans le cadre de la présente étude. La plupart des passages fauniques ont été utilisés avec succès pour des traversées complètes par plus de 5 espèces. Le plus grand nombre observé s'élevait à 11 espèces au passage faunique situé au km 133 (5 espèces de petite taille et 6 autres de moyenne taille), suivi de 10 espèces aux km 124 et 125 (tous des ponceaux secs, PS). Cependant, 5 passages affichaient peu de traversées complètes par des mammifères de taille moyenne (1 passage) ou de petite taille (4 passages).

Le nombre moyen d'espèces par passage pour lequel des franchissements complets ont été observés s'élevait à 6,3 (2,9 espèces de taille moyenne et 3,4 de petite taille). Le nombre moyen d'espèces qui ont visité chaque passage faunique (y compris les découvertes et les traversées complètes) s'est avéré plus élevé : 10,6 (4,6 espèces de petite taille et 6 de taille moyenne). Les nombres réels de visites et de franchissements complets sont probablement

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

nettement supérieurs à ceux observés, car les appareils photo affichent un taux de détection de moins de 100 % (de 80 à 85 % pour les mammifères de taille moyenne et de 50 à 55 % pour ceux de petite taille).

Les résultats de la présente étude sur l'utilisation des nouveaux passages fauniques démontrent que c'est **une réussite pour ceux déjà aménagés le long de la route 175**, soit seulement de quatre à six ans après leur construction. Il s'agit d'une première au Québec pour la faune de petite et de moyenne taille. Certains passages fauniques fonctionnent mieux que d'autres, tant pour leur utilisation par la faune que pour la réduction de la mortalité routière. Les passages ne fonctionnent pas bien pour quelques espèces. Des améliorations sont toutefois possibles et souhaitables. Les résultats issus de ce projet apportent une orientation utile à de telles améliorations.

Nous avons constaté une forte relation négative entre l'année de l'étude et le nombre de visites effectuées aux passages fauniques. Elle peut, du moins en partie, être expliquée par des variations temporelles de l'abondance des espèces dans les habitats adjacents à la route 175. Cette tendance à la baisse fut également observée dans les données de mortalité routière.

En comparant l'efficacité des types de passages pour toutes les espèces de mammifères confondues, les PS et les PTBois (ponceaux avec pied sec de type tablette de bois installée en porte-à-faux) s'avèrent dans l'ensemble plus efficaces que les PTBét (ponceaux avec pied sec de type tablette de béton). Par exemple, le nombre moyen de franchissements complets par passage s'élevait à 183,3 individus pour les PS, suivi de 139,5 pour les PTBois. La valeur la plus basse enregistrée soit 27,6 était associée aux PTBét.

La traversée complète de quelques espèces n'a jamais été observée et cela peu importe le type de passage. Ces espèces sont la martre d'Amérique, le pékan, le lynx du Canada et le grand polatouche. Un seul franchissement complet fut documenté pour la loutre de rivière, seulement 6 pour le renard roux et 10 pour le porc-épic d'Amérique et le raton laveur. Il se peut que plus d'espèces s'habituent aux passages et les utilisent dans l'avenir. Toutefois, cette éventualité demeure incertaine. Un suivi additionnel serait requis afin de répondre à cette question.

Nous avons trouvé une forte relation négative entre le nombre de traversées complètes d'un passage faunique et le nombre d'animaux tués sur la chaussée sur le tronçon associé à ce passage et cela, pour toutes les espèces de même que tous les mammifères de taille moyenne confondus. Nos résultats démontrent que la mortalité routière s'avère inférieure aux passages fauniques qui sont utilisés plus fréquemment, sauf dans le cas du porc-épic. Il s'agit d'un indice supplémentaire qui confirme que certains passages affichent une efficacité plus élevée que d'autres.

Trois passages fauniques sont notamment efficaces à cet égard puisque l'utilisation est très élevée et que le nombre d'animaux tués à proximité

demeure à un faible niveau pour toutes les espèces confondues. Il s'agit des passages au km 124 (PS, pas d'ouverture dans le terre-plein central), au km 133 (PS, pas d'ouverture dans le terre-plein central) et au km 144 (PTBois, avec ouverture dans le terre-plein central).

Un total de 73 porcs-épics ont été tués à proximité des passages fauniques et des clôtures (7 à l'intérieur des segments clôturés et 66 près des extrémités de clôtures). Au cours de la même période, seuls 10 individus ont traversé la route en utilisant un passage faunique alors que 101 observations de porc-épic ont été classées comme des découvertes seulement. Ces résultats indiquent que les porcs-épics n'utilisent pas correctement les passages existants car ils ont tendance à grimper aux clôtures ou encore à se déplacer le long de celles-ci jusqu'à ce qu'ils atteignent l'extrémité clôturée afin de tenter de traverser la chaussée à cet endroit. Ainsi, un type différent de passage faunique de ceux existants pourrait être mieux adapté à cette espèce.

**3. Perméabilité de la route à la martre d'Amérique :** Nous avons utilisé un axe routier à deux voies (R-381) comme site témoin. Nous avons capturé 32 martres le long de la route 175, dont 16 d'entre elles ont pu être équipées d'un collier-émetteur ainsi que 20 aux abords de la 381, dont 12 seulement ont été munies d'un collier. Ce ne fut pas possible d'installer des colliers aux autres martres capturées à cause de leur faible poids. Nous avons réussi à obtenir 10 localisations télémétriques et plus pour uniquement 12 et 8 martres près des routes 175 et 381 respectivement. De plus, nous avons capturé un individu d'un côté de la route et nous l'avons relocalisé de l'autre côté de la route 175 afin d'observer le comportement et de déterminer s'il pouvait retraverser la chaussée dans une situation « forcée ». Or, cette expérience nous a permis de constater que la martre est revenue au point de départ peu de temps après avoir réalisé plusieurs traversées additionnelles de la route 175.

Après trois ans d'études (de 2013 à 2015), de 7 à 27% des martres équipées d'un collier-émetteur avaient traversé la route 175. Cet écart découle de la somme de données recueillies chez quatre individus distincts se trouvant du côté opposé de la route par rapport au lieu de marquage. Toutefois, nous pouvons authentifier la traversée d'une seule martre par ses propres moyens. Le nombre d'individus ayant franchi la route 175 augmente de 1 si nous ajoutons la martre relocalisée. Elle a traversé à 11 reprises les quatre voies de la route 175 de même que 9 fois le terre-plein central (sur deux voies seulement) d'un côté ou de l'autre après sa relocalisation. Par contre, le pourcentage des martres qui franchissent la route 381 s'est avéré beaucoup plus élevé (55 %). Les martres traversaient cette route sur une base régulière et leurs déplacements semblaient faire partie de leurs activités quotidiennes, et non comme un événement rarissime. Quelques-unes ont même utilisé les ponceaux de drainage réguliers, lesquels n'étaient pas à l'origine conçus à

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

cette fin. En revanche, pendant les quatre années de suivi des passages fauniques de la route 175, aucune martre ne fut observée emprunter l'un d'entre ces passages fauniques.

Les mouvements des autres individus marqués aux deux sites de l'étude étaient limités à la lisière de la forêt située de chaque côté de la route. Selon les données télémétriques, ils ne se sont jamais aventuré près de la chaussée pour la traverser.

Nos résultats indiquent que les martres sont en mesure de franchir une route à quatre voies (deux chaussées) mais elles sont nettement moins enclines à le faire comparativement à une route à deux voies (une chaussée). Ces résultats portent à croire que les routes à 4 voies constituent une barrière plus importante que celles à deux voies, même si des passages fauniques sont aménagés le long des routes à 4 voies et qu'il n'y en a pas dans le cas des routes à 2 voies.

L'analyse des gènes nous a permis de remarquer une relation négative entre la parenté génétique et le côté de la route, ce qui indique que le flux génétique était réduit aux abords de l'axe routier 175. L'effet de la route s'avère la seule variable statistiquement significative, alors que la distance euclidienne ne l'est pas. Dans le cas de la route 381, ni la route ni la distance euclidienne ne s'avère significative. Ces résultats laissent croire qu'un effet de barrière occasionné par la route 175 limite le flux génétique entre les populations qui vivent de part et d'autre de cet axe routier. Toutefois, aucune influence de ce type ne fut notée pour la route 381. Les valeurs relatives à la parenté génétique s'avèrent moins élevées et elles concordent davantage avec le petit nombre de franchissements réalisés au niveau de la route 175 que celui de la 381. Ces derniers résultats ont été obtenus à l'aide de la télémétrie VHF.

Il s'avère possible que les martres fréquentant les abords de la route 175 puissent se familiariser à une route élargie de même qu'aux mesures d'atténuation. L'accoutumance aux passages fauniques est requise pour certaines espèces avant qu'elles les utilisent sur une base régulière. Cependant, la brève période qui s'est écoulée après l'achèvement de la route 175 peut ne pas avoir été suffisante pour que les martres s'habituent aux passages fauniques. De plus, celles vivant aux abords d'une route à deux voies utilisent des ponceaux de drainage, lesquels sont aménagés depuis plus de 25 ans, soit une période assez longue et suffisante pour développer une accoutumance. Afin de pouvoir confirmer si ce processus d'adaptation pourra survenir le long de la route 175, un suivi à long terme des populations touchées est nécessaire.

### **Recommandations et conclusions**

Ce rapport a permis d'évaluer pour la première fois l'efficacité des passages fauniques aménagés au Québec qui sont destinés aux mammifères de petite et de moyenne taille. La mise en place le long de la route 175 de 33 passages pour les mammifères de petite et moyenne taille s'avère une étape importante dans la bonne direction. D'après les résultats de cette étude, nous proposons 16 recommandations sur les possibilités et les exigences en vue d'améliorer les mesures d'atténuation relatives aux routes (Recommandations 1 à 9) ainsi qu'à la nécessité d'assurer un suivi et au recours à davantage de recherche (Recommandations 10 à 16) :

- (1) Il est recommandé d'avoir recours à plusieurs types de passage faunique et d'explorer de nouveaux types de passages de manière à favoriser l'utilisation des passages par plusieurs espèces, puisque la préférence varie selon les espèces. Toutefois, les PTBét semblent être systématiquement moins efficaces que les PS ou les PTBois. Il est donc recommandé de mettre en place autant que possible des passages autres que le type PTBét. Nous suggérons de transformer les PTBét en PTBois en installant des panneaux de bois ou de contreplaqué sur la surface de béton. Nous proposons, en tant que mesure pour les espèces qui empruntent très peu ou pas du tout ceux déjà en place (porc-épic d'Amérique, renard roux, loutre de rivière, lièvre d'Amérique, martre d'Amérique, pékan et lynx du Canada), d'envisager de construire d'autres modèles de passages fauniques qui fonctionneraient mieux. Des passages fauniques ayant des ratios d'ouverture plus élevés sont recommandés aux emplacements où il s'avère possible de les construire, mais certains modèles avec de faibles ratios d'ouverture favorisent néanmoins des espèces qui préfèrent les espaces plus restreints. Éviter l'éclairage des voies publiques au voisinage des passages fauniques peut accroître les découvertes par les animaux.
- (2) Nous recommandons que des passages fauniques sans ouverture soient installés lorsqu'il y a un terre-plein central entre les deux chaussées dans le cas d'une route à 4 voies, autant que possible. Dans le cas où le passage faunique doit être mis en place en deux sections distinctes avec ouverture au centre à cause d'un terre-plein central, la mise en place de clôtures entre les deux sections devra être améliorée.
- (3) Un accroissement du couvert végétal arbustif et arborescent entre la forêt et les entrées de passages s'avère souhaitable parce qu'il devrait augmenter la découverte des passages ainsi que l'utilisation de ceux-ci. Par exemple, il se peut que la martre d'Amérique n'utilise pas les passages fauniques, car la trouée entre la forêt et les accès de ces derniers est si large que ces animaux évitent de franchir les milieux ouverts.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

L'augmentation du couvert végétal entre la forêt adjacente et les entrées des passages risque d'accroître les découvertes et les utilisations de ceux-ci par les martres. Les passages fauniques (en combinaison avec les clôtures) devraient de préférence être intégrés aux emplacements où la forêt se trouve assez près de la route. Lors de projets de construction de routes ou de nouveaux tronçons routiers, les secteurs entourant les entrées de passages fauniques ne devraient pas être déboisés.

- (4) L'ajout de passages fauniques (avec clôtures) dans les zones de concentration de mortalités routières (« hotspots » ou « points chauds ») ainsi qu'aux emplacements où la végétation se trouve près de la route est recommandé.
- (5) Nous recommandons que la mise en place de clôtures avec les passages fauniques se poursuive et que les clôtures existantes soient entretenues et maintenues en bonne condition. Cependant, nos données laissent croire que les clôtures existantes ne sont pas assez longues. Nous proposons de considérer la réalisation d'une combinaison de quatre options comprenant entre autres la mise en place de clôtures dans les points chauds et le prolongement des clôtures existantes vers le prochain ponceau de drainage au sud comme au nord (pour les passages fauniques existants aussi qu'au cas où de nouveaux passages soient installés à l'avenir) pour réduire de façon significative la mortalité aux extrémités de clôtures.
- (6) Nous recommandons d'implanter des normes en ce qui a trait aux mesures d'atténuation pour les espèces de petite et moyenne taille associée aux routes au Québec.
- (7) Lorsque des travaux de réparation ou de remplacement sont effectués sur des ponceaux de drainage réguliers, il s'agit d'une bonne occasion de les transformer en passages fauniques. La création d'une base de données qui concerne tous les ponceaux de drainage réguliers de même que le potentiel de les convertir en passages à faune serait très utile pour cette tâche.
- (8) Une collaboration accrue entre le MTMDET, le MFFP, le MDDELCC et au-delà du Québec tenue sur une base régulière plutôt qu'une coordination habituelle par projet permet de combiner la rationalisation du travail comme des données recueillies pour plusieurs projets, plans et programmes au cours d'une période de temps prolongée. Elle permettra donc de faire face aux problèmes qui touchent à la fragmentation de l'habitat, à la viabilité des populations fauniques, de même qu'à la planification des transports à plus grande échelle.
- (9) Une sensibilisation accrue au sujet du statut international de la recherche qui porte sur l'écologie des routes, au sein du MTMDET ainsi que de façon plus générale au Québec permettrait d'améliorer les connaissances du Québec avec les faits nouveaux à l'échelle internationale ainsi qu'avec

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

l'état actuel des mesures d'atténuation destinées à la faune dans les autres provinces du Canada et d'autres pays.

- (10) Nous recommandons des améliorations sur la conception des clôtures suite à un suivi de la conception actuelle des clôtures et également d'étudier des options pour les améliorer, en particulier quant à l'effet de l'extrémité de clôture.
- (11) Nous recommandons de mener des études sur l'effet de la longueur des clôtures. Des clôtures assez longues devraient être installées pour que les nombres plus élevés de mortalité trouvés aux extrémités de clôture sur les routes (à cause du déplacement des tentatives de franchissement) soient compensés par une réduction de la mortalité liée aux segments clôturés où les cas de mortalité s'avèrent faibles.
- (12) Une étude à l'échelle des populations est requise pour tirer des conclusions à l'échelle des populations concernant les effets de la mortalité routière et des mesures d'atténuation, et pour savoir si le nombre d'animaux tués sur la route 175 est soutenable et en accord avec les missions de la RFL, du PNJC ainsi que de la FM. Notre recherche a identifié le fait qu'une telle étude concernant le porc-épic d'Amérique et le renard roux serait particulièrement pertinente, mais il serait bon d'en profiter pour élargir l'étude à d'autres espèces.
- (13) La poursuite du suivi de l'utilisation des passages fauniques le long de la route 175 pourrait être très utile pour diverses raisons comme par exemple déterminer si davantage d'espèces peuvent s'accoutumer aux passages afin de les utiliser dans l'avenir.
- (14) Nous recommandons d'effectuer un suivi de l'utilisation des ponceaux de drainage réguliers par la faune, et de déterminer entre autres la fréquence avec laquelle ils sont empruntés par les espèces fauniques. De plus, un suivi pourrait servir à déterminer si ces ponceaux peuvent devenir aussi efficaces que les passages fauniques en y installant des clôtures.
- (15) Nous recommandons de poursuivre la réalisation de relevés de mortalités pour pouvoir estimer de façon plus précise les taux de mortalité routière et de bien distinguer les tendances à long terme des fluctuations stochastiques de l'abondance de la population et pour pouvoir identifier plus précisément les zones de concentration des mortalités routières et d'évaluer leur robustesse dans le temps. Ce travail devrait inclure une amélioration des estimations des probabilités de détection des animaux tués sur la route et des durées de persistance.
- (16) Utiliser à bon escient le grand potentiel de la route 175 pour des travaux de recherche peut contribuer de façon importante à l'amélioration des connaissances sur l'efficacité des mesures d'atténuation qui sont requises au Québec et dans le monde. Les données tirées de ce projet fournissent une excellente occasion de réaliser de tels travaux. La RFL ainsi que la

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

route 175 conviennent à plusieurs égards comme zone d'étude pour la recherche qui est requise, p. ex., notre étude fournit l'équivalent de 4 années de données de référence. Celles-ci concernent les mammifères de petite et de moyenne taille, ce qui en soi constitue une rare opportunité. Par contre, le choix de nouveaux emplacements pour de tels travaux de recherche devrait commencer dès le début, c.-à-d. depuis la collecte de données avant intervention. Les dénombrements élevés de mortalités routières sur la route 175 permettent alors de générer des résultats sur des échantillons plus importants de même que de déceler avec davantage de rapidité les réactions des animaux à la suite d'une modification apportée aux mesures d'atténuation.

Les résultats et les recommandations de ce projet de recherche ne peuvent pas être appliqués directement à d'autres régions du Québec, mais quelques-uns peuvent être pertinents pour d'autres régions dans le sud du Québec, d'autres régions du Canada et également pour d'autres pays. Plusieurs agences responsables des routes considèrent le développement durable comme l'un de leurs objectifs. Établir des liens de collaboration entre agences de transport et spécialistes de l'environnement de même que d'appuyer à long terme les travaux de recherche scientifiquement crédibles s'avère la seule façon d'y parvenir.



## SYNTHÈSE DES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude évalue l'efficacité de 18 passages fauniques destinés aux mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175, entre les villes de Québec et Saguenay, élargie de deux à quatre voies. Pour chaque passage, des clôtures d'exclusion de 100 m ont été mises en place de chaque côté. Les objectifs de la recherche portaient sur la mortalité routière, l'efficacité des passages fauniques ainsi que la perméabilité de la route à la faune. Les méthodes comprenaient des relevés de mortalité routière, l'utilisation de caméras numériques, de la radiotélémetrie VHF et des analyses génétiques.

**Mortalité routière :** Nous avons détecté 893 carcasses appartenant à 13 espèces ou groupes taxonomiques. Le porc-épic d'Amérique était l'espèce la plus fréquente dans les mortalités, suivi du renard roux, de la marmotte commune, de la mouffette rayée et du lièvre d'Amérique. La mise en place de clôtures a réduit la mortalité routière à l'intérieur des segments clôturés mais il y avait plus de mortalités aux extrémités des clôtures. Par conséquent, il n'y avait pas de réduction de la mortalité totale en comparaison avec les segments non clôturés. Le nombre annuel total des mammifères tués sur la route 175 entre les km 64 et 223 (zone hors agglomération) est estimé à 10 600 individus (2 300 – 542 700) de petite taille et à 2 900 individus (1 000 – 5 600) de taille moyenne. Les mortalités routières chez le porc-épic et le renard roux présentent des préoccupations potentielles à l'échelle de la population.

**Efficacité des passages fauniques :** Le nombre moyen d'espèces ayant franchi la route via les passages fauniques se chiffre à 6,3. La plupart des passages fauniques ont été utilisés avec succès pour des traversées complètes par plus de 5 espèces. Le plus grand nombre observé s'élevait à 11 espèces au passage faunique situé au km 133 (5 espèces de petite taille et 6 autres de moyenne taille). La mortalité routière s'avère inférieure aux passages fauniques qui sont utilisés plus fréquemment, sauf pour le porc-épic. Les résultats représentent une réussite importante pour les passages fauniques déjà existants. Les taux de franchissements complets sont sous-estimés dû à la classification employée au moment de l'étude des photographies. Cependant, selon les photographies analysées, il semble que la martre d'Amérique, le pékan et le lynx du Canada n'aient jamais franchi avec succès les passages. Des baisses du nombre de visites dans les passages fauniques et des mortalités routières ont été observées entre 2012 et 2015.

**Perméabilité de la route :** Les martres peuvent franchir les quatre voies de la route 175, mais elles s'y risquent moins qu'aux abords de la route 381 à deux voies. Une route à quatre voies semble constituer une barrière plus importante qu'un axe à deux voies. L'analyse des gènes a permis de déceler une relation négative entre la parenté génétique et la présence de la route indiquant une

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

réduction du flux génétique dans le cas de la route 175 et non dans celui de la route 381.

**Recommandations** : Nous proposons 16 recommandations : (1) Avoir recours à plusieurs types de passages fauniques et en explorer de nouveaux pour le porc-épic d'Amérique, le renard roux, la loutre de rivière, le lièvre d'Amérique, la martre d'Amérique, le pékan et le lynx du Canada. (2) Installer des passages sans ouverture en présence d'un terre-plein central. (3) Accroître le couvert végétal entre la forêt et les entrées de passages. Éviter la coupe d'arbres non-essentielle à proximité des lieux d'aménagement de passages fauniques. (4) Mettre en place des passages fauniques aux zones de concentration de mortalités (« points chauds ») et aux endroits dont le couvert forestier se trouve près de la chaussée. (5) Clôturer les points chauds et prolonger les sections existantes jusqu'au ponceau de drainage suivant. (6) Implanter des normes sur les mesures d'atténuation associées aux routes. (7) Créer une base de données sur les ponceaux de drainage réguliers et sur leur potentiel d'aménagement en passage faunique. (8) Favoriser une collaboration accrue entre plusieurs ministères et au-delà du Québec. (9) Favoriser une sensibilisation accrue de la recherche internationale qui porte sur l'écologie des routes. (10) Procéder à des améliorations sur la conception pour réduire l'effet de l'extrémité de clôture. (11) Réaliser un suivi de l'influence de la longueur des clôtures sur la mortalité routière et les effets des extrémités. (12) Réaliser une étude sur la mortalité routière et les mesures d'atténuation à l'échelle de la population. (13) Poursuivre le suivi de l'utilisation des passages faunique et déterminer si plus d'espèces s'accoutument à ceux-ci. (14) Effectuer un suivi de l'utilisation des ponceaux de drainage réguliers. (15) Poursuivre les relevés de mortalités et améliorer les estimations des probabilités de détection des mortalités routières et la durée de persistance. (16) Utiliser à bon escient les possibilités de recherche le long de la route 175.

## TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION .....	39
2.	PROBLÉMATIQUE .....	43
3.	MÉTHODOLOGIE .....	51
3.1	Objectif 1 - Mortalité routière .....	51
3.1.1	Zone d'étude .....	51
3.1.2	Relevés de mortalité routière .....	53
3.1.3	Probabilité de détection .....	58
3.2	Objectif 2 - L'efficacité des passages fauniques .....	61
3.2.1	Observation de l'utilisation des passages .....	61
3.2.2	Estimation de l'abondance relative .....	65
3.2.3	Transects dans la neige d'hiver .....	68
3.2.4	Analyse des données existantes du MTMDET sur les passages fauniques de 2009 à 2011 .....	68
3.3	Objectif 3 - Perméabilité de la route pour les individus et le flux génétique de part et d'autre de la route pour la martre d'Amérique .....	73
3.3.1	Méthodes de capture: sélection des sites de piégeage .....	73
3.3.2	Installation des pièges et entretien .....	75
3.3.3	Capture de martres et manipulation .....	76
3.3.4	Effort de capture et succès de capture .....	78
3.3.5	Problème lié au port du collier émetteur .....	80
3.3.6	La radiotéléométrie .....	80
3.3.7	Translocation expérimentale .....	83
3.3.8	Analyse génétique .....	83
4.	ANALYSE DES RÉSULTATS .....	85
4.1	Objectif 1 - Mortalité routière .....	85
4.1.1	Relevés de mortalité routière .....	85
4.1.2	Probabilité de détection .....	97
4.1.3	Tendance temporelle et comparaison entre les relevés effectués en matinée et ceux en soirée .....	103
4.2	Objectif 2 - L'efficacité des passages fauniques .....	109
4.2.1	Nombre de découvertes et des franchissements complets .....	109
4.2.2	Facteurs qui influencent la découverte des passages fauniques .....	155
4.2.3	Facteurs qui influencent l'utilisation des passages fauniques .....	165
4.2.4	Analyse des données existantes du MTMDET sur l'utilisation les passages fauniques entre 2009 et 2011 .....	169

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

4.3	Objectif 3 - Perméabilité de la route pour les individus et le flux génétique de part et d'autre de la route pour la martre d'Amérique.....	174
4.3.1	Traversées de la route .....	174
4.3.2	Surveillance et enlèvement des colliers .....	175
4.3.3	Domaines vitaux.....	177
4.3.4	Route 175 à quatre voies (deux chaussées).....	178
4.3.5	Route 381 à deux voies (une chaussée).....	182
4.3.6	Flux génétique.....	185
5.	INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	189
5.1	Objectif 1 - Mortalité routière .....	189
5.1.1	Quelles espèces sont affectées de façon négative par la présence des routes?.....	189
5.1.2	Influence des caractéristiques de paysages sur la mortalité routière .....	202
5.1.3	Influence des mesures d'atténuation sur le nombre d'animaux tués sur la route .....	205
5.1.4	Probabilité de détection des animaux trouvés morts sur la route .....	208
5.1.5	Estimation du nombre total d'animaux tués par année sur la route 175 (entre les kilomètres 64 et 223).....	210
5.1.6	De quelle longueur doivent être les clôtures? .....	232
5.1.7	Comparaison des détections entre les relevés effectués en matinée et soirée.....	241
5.1.8	Efficacité des mesures d'atténuation relatives aux routes alors que la mortalité causée par la circulation routière diminue : Résultats d'une nouvelle méta-analyse (Rytwinski et coll. 2016).....	242
5.2	Objectif 2 - L'efficacité des passages fauniques .....	250
5.2.1	Découvertes et franchissements complets.....	250
5.2.2	Facteurs qui influencent la découverte et l'utilisation des passages fauniques .....	259
5.2.3	Relation entre l'utilisation d'un passage et la mortalité routière à proximité.....	267
5.3	Objectif 3 - Perméabilité de la route pour les individus et le flux génétique de part et d'autre de la route pour la martre d'Amérique.....	283
5.3.1	Mouvements des individus .....	283
5.3.2	Flux génétique.....	286
6.	MISE EN ŒUVRE ET RETOMBÉES, BÉNÉFICES POUR LE MTMD	289
6.1	Types de passage à faune.....	291
6.2	Favoriser les passages fauniques qui n'ont pas d'ouverture dans le terre-plein central .....	293

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

6.3	Accroître la couverture végétale à proximité des entrées de passages.....	294
6.4	Aménager davantage de passages fauniques dans les zones de concentration de mortalité routières et à des endroits où la végétation se trouve près de la route.....	295
6.5	Installation de clôtures plus longues à considérer .....	304
6.6	Planter des normes en ce qui a trait aux mesures d'atténuation associées aux routes .....	311
6.7	Une base de données qui porte sur le potentiel de convertir les ponceaux de drainage régulier en passages fauniques .....	317
6.8	Avantages d'une collaboration accrue entre le MTMDET, le MFFP et le MDDELCC et au-delà du Québec.....	317
6.9	Avantages d'une sensibilisation accrue au sujet du statut international de la recherche qui porte sur l'écologie des routes, au sein du MTMDET ainsi que de façon plus générale au Québec...	320
6.10	Améliorations de la conception des clôtures.....	326
6.11	Étudier l'effet de la longueur des clôtures.....	332
6.12	Évaluer à l'échelle des populations l'effet de la mortalité routière et des mesures d'atténuation.....	334
6.13	Poursuivre le suivi de l'utilisation des passages fauniques déjà aménagés .....	337
6.14	Suivi de l'utilisation des ponceaux de drainage réguliers .....	339
6.15	Suivi de la mortalité routière et amélioration des estimations des probabilités de détection des animaux tués sur la route et des durées de persistance.....	339
6.16	Avantages d'utiliser à bon escient le grand potentiel de la route 175 pour des travaux de recherche .....	342
7.	CONCLUSION.....	345
8.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	353
ANNEXE A	DÉBIT JOURNALIER MOYEN ANNUEL SUR LA ROUTE 175 .....	371
ANNEXE B	DIRECTION ET PUISSANCE DES EFFETS DES ROUTES SUR LES POPULATIONS FAUNIQUES .....	373
ANNEXE C	ANALYSE DES DONNÉES EXISTANTES DU MTMDET SUR L'UTILISATION DES PASSAGES FAUNQUES EN 2011 .....	383
ANNEXE D	RÉSULTATS AU PASSAGE AU KM 138 .....	403
ANNEXE E	DOMAINES VITAUX DES MARTRES D'AMÉRIQUE.....	407
ANNEXE F	RAPPORTS LIÉS AUX MARTRES D'AMÉRIQUE ET AUX ESPÈCES NON CIBLÉES .....	445

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

ANNEXE G	RÉSOLUTION 40-3 - RÉOLUTION CONCERNANT LA CONNECTIVITÉ ÉCOLOGIQUE, L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ.....	451
ANNEXE H	EXEMPLES D'ACCORDS ET COOPÉRATION DU VERMONT ET DE L'IDAHO.....	457
ANNEXE I	EXEMPLES DE GUIDES TECHNIQUES RELATIVE AUX PASSAGES À FAUNE ET À LA CONCEPTION DES CLÔTURES.....	473
ANNEXE J	RÉUNION DE PARTAGE D'EXPERTISE SUR LA CONNECTIVITÉ DES HABITATS TERRESTRES AUX ABORDS DES CORRIDORS ROUTIERS ET LES COLLISIONS AVEC LA FAUNE .....	491

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 3.1</b>	Nombre d'appareils photos installés à chaque emplacement et date d'activation de chacun.....	62
<b>Tableau 3.2</b>	Espèces observées aux stations de repérage (par ordre alphabétique en anglais) .....	67
<b>Tableau 3.3</b>	Dates, sites, effort de capture, nombre de martres capturées et succès de capture après chaque séance. Les séances D1 à D5 ont eu lieu en 2013. Les séances 1 à R4 ont été réalisées en 2014 tandis que les séances 7 à 9 ont été réalisées en 2015 ...	78
<b>Tableau 4.1</b>	Nombre de relevés de mortalité routière réalisés par année .....	85
<b>Tableau 4.2</b>	Nombre total de mortalités routières observé par espèce et par année .....	86
<b>Tableau 4.3</b>	Dénombrements par année et par espèce des animaux trouvés morts retenus pour l'analyse statistique .....	88
<b>Tableau 4.4</b>	Modèle de régression pour chaque espèce ou groupe, d'après une sélection progressive à partir du critère d'information d'Akaike (AIC) et à l'aide des progiciels R MASS (Venables et Ripley 2002) .....	92
<b>Tableau 4.5</b>	Résultats obtenus après l'analyse de la probabilité de détection pour toutes les espèces confondues, autant les mammifères de taille moyenne, les porcs-épics et les petites espèces .....	98
<b>Tableau 4.6</b>	Comparaison entre les nombres par jour des animaux trouvés morts, autant en matinée qu'en soirée, pour 17 espèces (ou groupes) de mammifères de moyenne et de petite taille .....	106
<b>Tableau 4.7</b>	Comparaison du rendement des trois types de passages fauniques en ce qui regarde : dénombrements moyens de découvertes, franchissements complets de même que ratio du nombre de traversées complètes sur le nombre de découvertes pour les 14 espèces (ou groupes) ainsi que celles de mammifères de moyenne et de petite taille .....	141
<b>Tableau 4.8</b>	Nombre pour chaque type de passage faunique avec ou sans ouverture au centre (c.-à.-d. deux sections de passage).....	148
<b>Tableau 4.9</b>	Comparaison de l'efficacité des trois types de passages fauniques qui comportaient ou non une ouverture au centre en ce	

qui regarde : dénombrements moyens de découvertes, franchissements complets de même que ratio du nombre de traversées complètes sur le nombre de visites pour les 14 espèces (ou groupes) ainsi que celles de mammifères de moyenne et de petite taille .....	151
<b>Tableau 4.10</b> Caractéristiques des 17 passages fauniques pris en compte lors de l'analyse statistique .....	157
<b>Tableau 4.11</b> Les 11 facteurs pris en compte lors de l'analyse des passages fauniques et leurs relations hypothétiques.....	158
<b>Tableau 4.12</b> Les deux caractéristiques fonctionnelles prises en compte lors de l'analyse statistique .....	160
<b>Tableau 4.13</b> Estimation des paramètres à partir du modèle global linéaire mixte (ddl = 9), le nombre de découvertes des passages fauniques étant identifié en tant que variable dépendante ( $n = 6093$ ).....	163
<b>Tableau 4.14</b> Estimation des paramètres à partir du modèle linéaire mixte (ddl = 7), le nombre de découvertes des passages fauniques étant identifié en tant que variable dépendante pour la marmotte commune ( $n = 1502$ ), le vison d'Amérique ( $n = 549$ ), les espèces de <i>Mustela</i> ( $n = 1364$ ), l'écureuil roux ( $n = 1840$ ) et les micromammifères ( $n = 8103$ ) .....	163
<b>Tableau 4.15</b> Estimation des paramètres à partir du modèle global linéaire généralisé mixte (ddl = 8), le nombre de franchissements complets des passages fauniques (une fois que l'animal les a découverts) étant identifié en tant que variable dépendante ( $n = 6093$ ).....	167
<b>Tableau 4.16</b> Estimation des paramètres à partir du modèle linéaire généralisé mixte (ddl = 6), le nombre de franchissements complets des passages fauniques étant identifié en tant que variable dépendante pour la marmotte commune ( $n = 1502$ ), le vison d'Amérique ( $n = 549$ ), les espèces de <i>Mustela</i> ( $n = 1364$ ), l'écureuil roux ( $n = 1840$ ) et les micromammifères ( $n = 8103$ ).....	168
<b>Tableau 4.17</b> Liste des espèces ayant effectué un franchissement complet d'un ou de plusieurs passages parmi les 13 disponibles en 2011 ...	170
<b>Tableau 4.18</b> Autres espèces ayant exploré les entrées des passages fauniques en 2009-2010, mais non en 2011 .....	170



SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

<b>Tableau 4.19</b>	Pourcentage des mères qui ont franchi chaque route .....	174
<b>Tableau 4.20</b>	Estimation des domaines vitaux des mères le long des routes 175 et 381. Les données ont été recueillies durant la période allant de juillet 2013 à août 2015 .....	177
<b>Tableau 4.21</b>	Résultats obtenus à la suite de l'analyse statistique du flux génétique (analyse de covariance). LRM était la variable de réponse. Une valeur plus élevée quant au LRM indique une plus forte probabilité d'association.....	187
<b>Tableau 5.1</b>	Caractéristiques (traits biologiques et réactions comportementales) qui influencent la vulnérabilité des espèces aux impacts occasionnés par les routes et la circulation .....	190
<b>Tableau 5.2</b>	Les espèces de mammifères affichent une valeur moyenne négative ( $ESr < -0,1$ ; rouge), plus ou moins proche de la neutralité ( $-0,1 < ESr < 0,1$ ; jaune) ou positive ( $0,1 < ESr$ ; vert) envers les routes en ce qui touche aux effectifs de leur population.....	191
<b>Tableau 5.3</b>	Masse corporelle et taux de reproduction chez 32 espèces de petite et de moyenne taille présentes dans la RFL, accompagnées des valeurs qui prédisent la relation entre la densité du réseau routier et l'abondance de population fondée sur les deux premières variables .....	198
<b>Tableau 5.4</b>	Mortalité routière (nombre d'animaux tués par 100 m au cours des 4 périodes estivales) .....	207
<b>Tableau 5.5</b>	Estimations du nombre total d'animaux tués annuellement par la circulation automobile sur la route 175 pour 25 espèces (ou groupes) de mammifères de petite et de moyenne taille basées sur les nombres observés (voir tableau 4.2) .....	210
<b>Tableau 5.6</b>	Comparaisons entre le nombre moyen estimé d'animaux tués par année par rapport aux niveaux de récolte liés au piégeage (valeur moyenne annuelle relative aux quatre périodes estivales, de 2011-2012 à 2014-2015). Tous ces événements sont survenus à l'intérieur de la $ZER_{6km}$ et la $ZER_{2km}$ pour les 23 espèces (ou groupes) de mammifères de petite et de moyenne taille présents dans la RFL, le PNJC et la FM.....	216
<b>Tableau 5.7</b>	Nombre de franchissements complets documentés par espèce pour chaque passage faunique.....	253

<b>Tableau 5.8</b>	Résultats globaux qui permettent de comparer l'efficacité des trois types de passages fauniques aménagés le long de la route 175, pour 20 espèces (ou groupes) de mammifères, en fonction des données recueillies pendant la période de 2012 à 2015 (Tableau 4.8, Figure 4.25).....	256
<b>Tableau 5.9</b>	Synthèse des facteurs qui influencent la découverte et l'utilisation réussie des passages fauniques d'après l'analyse statistique multidimensionnelle. Le sens des relations qui atteignent le seuil de signification est représenté par les symboles + et – ...	262
<b>Tableau 5.10</b>	Comparaison de plusieurs modèles statistiques afin d'aborder la relation entre le nombre d'espèces qui réalisent au moins un franchissement complet (sans tenir compte de la marmotte commune) et la distance au couvert forestier adjacent.....	264
<b>Tableau 5.11</b>	Utilisation pendant la période de 2012 à 2015 des trois types de passages fauniques (nombre de franchissements complets observés) et mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près des segments clôturés (C) ainsi que des deux extrémités de clôture (EC), selon le groupe (toutes les espèces confondues, les mammifères de taille moyenne de même que les porcs-épics).....	268
<b>Tableau 5.12</b>	Puissance statistique de la relation qui existe entre l'utilisation des passages (nombre de franchissements complets observés), la découverte de ceux-ci de même que la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près des segments clôturés (C) ainsi que des deux extrémités de clôture (EC)) pendant la période de 2012 à 2015, selon le groupe (toutes les espèces confondues, les mammifères de taille moyenne et le porc-épic) .....	274
<b>Tableau 5.13</b>	Puissance statistique de la relation qui existe entre le nombre d'animaux rtrouvés morts près des segments clôturés (C) et des deux extrémités de clôture (EC)) et la présence d'une ouverture au centre en contrôlant pour le nombre de franchissements complets, le nombre de découvertes et le type de passage pour chaque groupe (toutes les espèces confondues, les mammifères de taille moyenne et le porc-épic) .....	280
<b>Tableau 6.1</b>	Vue d'ensemble des recommandations formulées dans ce rapport.....	290
<b>Tableau 6.2</b>	Exigences pour les nouveaux ponceaux de même que ceux à remettre en état destinés aux animaux terrestres selon la norme suisse SN 640 696 .....	316

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.1</b>	La route 175 après son élargissement dans la réserve faunique des Laurentides .....	40
<b>Figure 2.1</b>	Les quatre types de passage faunique conçus pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175 : ponceau sec (PS) ou tuyau circulaire .....	45
<b>Figure 2.2</b>	Les quatre types de passage faunique conçus pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175 : ponceau avec tablette de bois installée en porte-à-faux (PTBois) .....	46
<b>Figure 2.3</b>	Les quatre types de passage faunique conçus pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175 : ponceau avec pied sec de type tablette de béton (PTBét).....	47
<b>Figure 2.4</b>	Les quatre types de passage faunique conçus pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175 : ponceau avec une banquette de béton (PBBét).....	48
<b>Figure 3.1</b>	Clôture à grande faune (en haut) et clôture pour la faune de taille moyenne (en bas).....	52
<b>Figure 3.2</b>	Emplacement des 18 passages fauniques qui ont fait l'objet de la présente étude entre 2012 et 2015 .....	53
<b>Figure 3.3</b>	Cartographie des mortalités enregistrées le long de la route 175 au cours des quatre périodes estivales d'échantillonnage et localisation des passages fauniques pour les mammifères de petite et de moyenne taille.....	56
<b>Figure 3.4</b>	Représentation schématique du dénombrement des animaux morts aperçus par l'un ou l'autre des observateurs ( $N_1$ en vert et $N_2$ en bleu) de même que par les deux observateurs ( $N_{\text{both}}$ ) excluant ceux qui se trouvaient sur la chaussée ( $N_{\text{real}}$ ) .....	59
<b>Figure 3.5</b>	Installation des caméras <i>Reconyx</i> dans les passages fauniques (exemple).....	61
<b>Figure 3.6</b>	Disposition des boîtes à pistes (utilisées au cours des étés 2012 à 2014) et des stations munies d'une caméra (seulement à l'été 2012 et à l'été-l'automne 2013) .....	65
<b>Figure 3.7</b>	Exemples d'identification de pistes encrées sur papier .....	66

<b>Figure 3.8</b>	Échantillonnage de photos d'individus qui ont effectué un franchissement complet.....	71
<b>Figure 3.9</b>	Représentation schématique du plan d'échantillonnage par quadrat pour l'étude de capture-marquage-recapture de la martre d'Amérique.....	74
<b>Figure 4.1</b>	Mortalités routières de mammifères de petite et de moyenne taille observées par espèce et détectées de juin à octobre 2012 et 2013, puis de juin à septembre en 2014 et 2015 .....	87
<b>Figure 4.2</b>	Tronçon de route divisé en segments de 100 m selon trois types	89
<b>Figure 4.3</b>	Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour toutes les espèces confondues .....	90
<b>Figure 4.4</b>	Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour les espèces de moins de 1 kg .....	91
<b>Figure 4.5</b>	Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour les espèces de plus de 1 kg .....	94
<b>Figure 4.6</b>	Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour toutes les espèces confondues, sauf le porc-épic d'Amérique, la marmotte de même que les micromammifères .....	95
<b>Figure 4.7</b>	Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour le porc-épic d'Amérique .....	96
<b>Figure 4.8</b>	Mortalités détectées lors des relevés avec deux équipes .....	101
<b>Figure 4.9</b>	Nombre total trouvés morts par espèce et nombre total estimé en considérant la probabilité de détection (2012 à 2015).....	102
<b>Figure 4.10</b>	Nombres d'animaux trouvés morts pour les mammifères de taille moyenne et les petits mammifères entre 2012 et 2015.....	104
<b>Figure 4.11</b>	Comparaison des nombres moyens par jour des animaux trouvés morts (ils se distinguent ainsi : la première matinée, les autres matinées, la première soirée de même que les autres soirées), pour les mammifères de taille moyenne et les petits mammifères .....	106

- Figure 4.12** Relation entre la masse et la proportion des animaux trouvés en matinée sur la chaussée en regard du nombre total d'animaux morts détectés en matinée et en soirée ..... 109
- Figure 4.13** Représentation schématique de la relation logique qui existe entre les découvertes (visites), les utilisations réussies et les franchissements complets ..... 110
- Figure 4.14** Nombre total de découvertes (visites) (a) et de franchissements complets (b) signalés à l'intérieur des passages fauniques entre 2012 et 2015 ..... 111
- Figure 4.15** Nombre total de découvertes (visites) documentées de 2012 à 2015 pour chaque passage faunique pour tous les mammifères confondus (en bleu) et uniquement pour les mammifères de taille moyenne (en rouge foncé) ..... 114
- Figure 4.16** Relation entre le nombre de découvertes (visites) à chaque passage faunique pour les petits mammifères de même que pour ceux de moyenne taille ( $p = 0,052$ ,  $R^2 = 0,22$ ) ..... 115
- Figure 4.17** Nombre total de franchissements complets documentés et observés de 2012 à 2015 pour chaque passage faunique pour tous les mammifères confondus (en bleu) et uniquement pour les mammifères de taille moyenne (en rouge foncé) ..... 116
- Figure 4.18** Relation entre le nombre de franchissements complets à chaque passage faunique pour les petits mammifères de même que pour ceux de taille moyenne ( $p = 0,064$ ,  $R^2 = 0,20$ ) ..... 117
- Figure 4.19** Ratio du nombre de franchissements complets observés sur le nombre total de visites observées pour chaque passage faunique pour tous les mammifères confondus (en bleu) et uniquement pour les mammifères de taille moyenne (en rouge foncé)..... 118
- Figure 4.20** Nombre total de découvertes (visites) documentées de 2012 à 2015 dans les passages fauniques selon chaque espèce (ou groupe) ..... 119
- Figure 4.21** Nombre total de franchissements complets documentés de 2012 à 2015 dans les passages fauniques selon chaque espèce (ou groupe) ..... 121
- Figure 4.22** Ratio du nombre de franchissements complets observés sur le nombre total de visites documentées de 2012 à 2015 selon chaque espèce (ou groupe)..... 122

- Figure 4.23** Nombre total d'incursions, de franchissements complets et de déplacements indéterminés, nombre moyen de découvertes et de franchissements complets selon le passage faunique et par type de déplacement connus ainsi que le nombre total de découvertes et de franchissements complets pour chaque passage ..... 136
- Figure 4.24** Nombre moyen des découvertes et des franchissements complets par passage faunique selon le type, pour toutes les espèces de mammifères confondues (à gauche), les mammifères de taille moyenne (au centre) ainsi que les petits mammifères (à droite) 140
- Figure 4.25** Nombres moyens de découvertes et de franchissements complets par type de passage pour ceux qui comportent ou non une ouverture au centre pour toutes espèces de mammifères confondues (à gauche), les mammifères de taille moyenne (au centre) ainsi que les petits mammifères (à droite)..... 149
- Figure 4.26** Proportion du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites pour les passages fauniques qui comportent ou non une ouverture au centre pour les espèces de mammifères confondues (à gauche), les mammifères de taille moyenne (au centre) et les petits mammifères (à droite)..... 150
- Figure 4.27** Les découvertes (visites) de même que les franchissements complets peuvent être influencées par divers facteurs (Tableau 4.13) ..... 156
- Figure 4.28** Nombre moyen d'individus par 100 jours d'observation pour les trois types de passages fauniques en 2011 (franchissements complets) ..... 172
- Figure 4.29** Nombre moyen d'individus par 100 jours d'observation pour les trois types de passages fauniques en 2011 (franchissements complets), pour les espèces avec moins de 2,5 traversées complètes pour la même période de temps ..... 173
- Figure 4.30** Domaines vitaux des martres le long de la route 175 avec les positions obtenues entre juillet 2013 et 2014 ..... 179
- Figure 4.31** Domaines vitaux des martres le long de la route 175 avec les positions obtenues entre juillet 2014 et juillet 2015 ..... 181
- Figure 4.32** Domaines vitaux des martres le long de la route 381 avec les positions obtenues entre juillet 2013 et juillet 2014 ..... 183
- Figure 4.33** Domaines vitaux des martres le long de la route 381 avec les positions obtenues entre juillet 2014 et juillet 2015 ..... 184

<b>Figure 5.1</b>	Relation entre les valeurs critiques du taux de reproduction et de la masse corporelle, permettant de distinguer les espèces qui sont affectées de façon positive par la présence des routes (aire au-dessus de la courbe) ou bien de façon négative (aire sous la courbe) .....	196
<b>Figure 5.2</b>	Puissance prévue et direction des effets occasionnés par les routes envers les populations des espèces qui se trouvent dans la RFL, le PNJC et la FM.....	201
<b>Figure 5.3</b>	Relation entre l'abondance moyenne des espèces (AME) et la distance qui sépare d'une infrastructure routière les mammifères et les oiseaux, en se basant sur les analyses de métarégression effectuées par Benitez-Lopez et coll. (2010) .....	214
<b>Figure 5.4</b>	Illustration d'un patron fréquent de déplacement réalisé par des animaux comme la loutre à des sites où ils pourraient nager à l'intérieur d'un ponceau ou sous le pont.....	226
<b>Figure 5.5</b>	Exemple de tablettes en bois que la faune peut utiliser afin de se déplacer sous un pont .....	228
<b>Figure 5.6</b>	Trois modèles d'études de base conçues pour répondre à la question : « Quelle est l'efficacité des mesures d'atténuation associées aux routes? » Les modèles d'étude sont les suivants : Before(-during)-after-control-impact (BDACI), Before(-during)-after (BDA) et Control-impact (CI) .....	233
<b>Figure 5.7</b>	Estimation du nombre moyen d'animaux tués, toutes espèces confondues, par segment de route de 100 m au cours des 4 périodes estivales près d'un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (ligne bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.).....	235
<b>Figure 5.8</b>	Estimation du nombre moyen d'animaux tués pour les mammifères de moyenne taille (> 1 kg), par segment de route de 100 m au cours des 4 périodes estivales, près d'un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (ligne bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.).....	236
<b>Figure 5.9</b>	Estimation du nombre moyen d'animaux tués pour les petits mammifères (< 1 kg) par segment de route de 100 m au cours des 4 périodes estivales près d'un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (ligne bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.).....	237

- Figure 5.10** Estimation du nombre moyen de porcs-épics tués par segment de route de 100 m au cours des 4 périodes estivales, près d'un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (ligne bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.) ..... 238
- Figure 5.11** Estimation du nombre moyen d'animaux tués, toutes espèces confondues sauf les porcs-épics, les micromammifères de même que les marmottes par segment de route de 100 m au cours des 4 périodes estivales près d'un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (ligne bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.) ..... 239
- Figure 5.12** Ampleur moyenne de l'effet et pourcentage moyen de la diminution du nombre d'animaux tués sur les routes en ce qui concerne trois méthodes d'atténuation (supports de traversées + clôtures, systèmes de détection animaliers, réflecteurs), en fonction de 39 estimations qui touchent les grands mammifères ..... 245
- Figure 5.13** Ampleur moyenne de l'effet et pourcentage moyen de la diminution du nombre d'animaux tués sur les routes en ce qui concerne différents groupes fauniques dans un contexte d'atténuation avec supports de traversées + clôtures, en fonction d'un échantillon de 47 estimations ..... 246
- Figure 5.14** Nombre d'espèces dont les découvertes (au moins une fois) de même que les franchissements complets (au moins une fois) étaient documentés pour les 17 passages fauniques sur une possibilité de de 12 espèces de mammifères de moyenne taille et de 6 de petite taille ..... 251
- Figure 5.15** Nombre de franchissements complets observés par espèce pour chaque passage faunique ..... 252
- Figure 5.16** Les découvertes (visites) de même que les franchissements complets peuvent être influencés par divers facteurs (Tableaux 4.15 à 4.18). Le sens des relations observées est représenté par les symboles (+) et (-)..... 260
- Figure 5.17** Relation entre le nombre de franchissements complets observés et la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour toutes les espèces de mammifères confondues ( $p = 0,016$ ,  $R^2 = 0,33$ ,  $r = 0,57$ ) ..... 269
- Figure 5.18** Analyse de corrélation entre la découverte des entrées de passages (nombre de découvertes sans tenir compte de celui des



- franchissements complets observés) et la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour toutes les espèces confondues ( $p = 0,504$ ,  $R^2 = 0,03$ ,  $r = 0,17$ ) ..... 270
- Figure 5.19** Relation entre le nombre de franchissements complets observés et la mortalité routière (nombre d'animaux retrouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour les mammifères de moyenne taille ( $p = 0,069$ ,  $R^2 = 0,204$ ,  $r = 0,45$ ) ..... 271
- Figure 5.20** Analyse de corrélation entre la découverte des entrées de passages (nombre des découvertes sans tenir compte de celui des franchissements complets observés) et la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour tous les mammifères de moyenne taille ( $p = 0,35$ ,  $R^2 = 0,058$ ,  $r = 0,24$ )..... 272
- Figure 5.21** Analyse de corrélation entre l'utilisation des passages (nombre de franchissements complets observés) et la mortalité routière (nombre d'animaux retrouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour les porcs-épics uniquement ( $p = 0,22$ ,  $R^2 = 0,097$ ,  $r = 0,31$ ) ..... 272
- Figure 5.22** Analyse de corrélation entre la découverte des entrées de passages (nombre des découvertes moins celui des franchissements complets observés) et la mortalité routière (nombre d'animaux retrouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour les porcs-épics uniquement ( $p = 0,44$ ,  $R^2 = 0,04$ ,  $r = 0,20$ ) ..... 273
- Figure 5.23** Taux moyen de mortalité routière par passage qui comportait ou non une ouverture au centre (nombre d'animaux trouvés morts près des segments clôturés (C) ainsi que des deux extrémités de clôture (EC)), selon le groupe (toutes les espèces confondues, les mammifères de taille moyenne de même que le porc-épic)..... 278
- Figure 5.24** Relation entre le nombre de franchissements complets observés et la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour les mammifères de taille moyenne. Les ouvrages routiers pour la faune qui comportait une ouverture au centre sont mis en évidence par des cercles rouge ..... 279
- Figure 5.25** Photos de martres d'Amérique utilisant des ponceaux de drainage réguliers le long de la route 381 en 2013 ..... 285

<b>Figure 6.1</b>	Distance recommandée entre les passages fauniques aménagés le long des routes, selon la règle de mise à l'échelle isométrique mise au point par Bissonette et Adair (2008), laquelle est basée sur les dimensions du domaine vital.....	297
<b>Figure 6.2</b>	Distance recommandée entre les passages fauniques aménagés le long des routes, selon la règle de mise à l'échelle isométrique mise au point par Bissonette et Adair (2008), pour l'intervalle qui inclut les distances qui varient de 0 à 900 m.....	298
<b>Figure 6.3</b>	Densités recommandées pour les ouvrages de franchissement aménagés destinés à la faune de petite et de moyenne taille en Espagne .....	300
<b>Figure 6.4</b>	Illustration comparative de la distance recommandée qui sépare les ouvrages de franchissement aménagés en France et destinés à la faune de petite et de moyenne taille (300 m environ).....	301
<b>Figure 6.5</b>	Illustration de l'option B: Prolongement des clôtures existantes (100 m de chaque côté du passage faunique, en bleu) par une certaine distance minimale (p. ex. 600 m de chaque côté) et puis poursuite du prolongement jusqu'au prochain ponceau de drainage régulier (en rouge) vers le sud ( $d_S$ ) et vers le nord ( $d_N$ ) .....	306
<b>Figure 6.6</b>	Illustration de l'option C: Mise en place de clôtures dans les zones de concentration de mortalités et extension des clôtures jusqu'au prochain ponceau de drainage régulier vers le sud ( $d_S$ ) et vers le nord ( $d_N$ ) .....	306
<b>Figure 6.7</b>	Norme suisse 640 690a « Faune et trafic – Norme de base » ...	312
<b>Figure 6.8</b>	Norme suisse 640 692 « Faune et trafic – Analyse faunistique »	313
<b>Figure 6.9</b>	Norme suisse 640 692 « Faune et trafic – Analyse faunistique ». Tableau 1 qui concerne les méthodes utilisées pour l'analyse faunistique .....	314
<b>Figure 6.10</b>	Dans le but de réaliser une étude approfondie, nous recommandons de traiter les questions dans l'ordre suivant .....	328
<b>Figure 6.11</b>	Proposition relative à un modèle d'étude qui traite des questions 2 (À quelle fréquence les animaux traversent-ils les clôtures?), 3 (De quelle façon les animaux traversent-ils les clôtures?) et 5 (L'influence des extrémités de clôture s'avère-t-elle importante?) .....	329

- Figure 6.12** Proposition d'un modèle d'étude qui traite des questions 5 et 7 (l'influence de la forme des extrémités de clôtures) ..... 330
- Figure 6.13** Le modèle d'étude qui est proposé à la figure 6.11 traite de la question 5 (L'influence des extrémités de clôture s'avère-t-elle importante?). Il pourrait être amélioré davantage par l'ajout de fil de fer barbelé et de ruban adhésif entre les extrémités de clôture et la forêt..... 331
- Figure 6.14** Modèle d'étude expérimentale « BACI » recommandé pour répondre à la question : « Pour une longueur d'axe donnée, quelle proportion devrait être clôturée afin de réduire la mortalité routière d'un nombre déterminé d'espèces pour que la taille de population ressemble le plus aux conditions qui prévalent aux secteurs exempts de routes? » ..... 333
- Figure 6.15** Un renard roux tué par le trafic routier..... 335

## GLOSSAIRE

	<b>Français</b>		<b>Anglais</b>
ADN	Acide désoxyribonucléique	DNA	Deoxyribonucleic acid
AIC	Critère d'information d'Akaike	AIC	Akaike information criterion
AME	Abondance moyenne des espèces	MSA	Mean species abundance
ARC	Animal Road Crossings Solutions ( <a href="http://www.arc-solutions.org">www.arc-solutions.org</a> )	ARC	Animal Road Crossings Solutions ( <a href="http://www.arc-solutions.org">www.arc-solutions.org</a> )
AVP	Analyse de la viabilité des populations	PVA	Population viability analysis
BA	Modèle d'étude expérimentale « avant-après »	BA	Before-after study design
BACI	Modèle d'étude expérimentale « avant-après et contrôle-impact »	BACI	Before-after-control-impact study design
BDACI	Modèle d'étude expérimentale « avant-durant-après et contrôle-impact »	BDACI	Before-during-after-control-impact study design
CDB	Convention sur la diversité biologique	CBD	Convention on Biological Diversity
CDE	Plan d'expériences coordonnées et distribuées géographiquement	CDE	Coordinated distributed experiment
CI	Modèle d'étude expérimentale « contrôle-impact »	CI	Control-impact study design
CMR	Étude de capture-marquage-recapture	CMR	Capture-mark-recapture study
ddl	Degré de liberté	d.f.	Degree of freedom
DJMA	Débit journalier moyen annuel	AADT	Annual average daily traffic (volume)
DV	Domaine vital	HR	Home range
EES	Évaluation environnementale stratégique	SEA	Strategic environmental assessment
EIE	Étude d'impact sur l'environnement	EIA	Environmental impact assessment
ES	Effet d'ampleur	ES	Effect size
ET	Erreur-type	SE	Standard error
FHWA	Federal Highway Administration (U.S.)	FHWA	Federal Highway Administration
FK50 %	kernel de 50 %	FK50%	50% fixed kernel
FK95 %	kernel de 95 %	FK95%	95% fixed kernel
FM	Forêt Montmorency	MF	Montmorency Forest
GLM	Modèles linéaires généralisés	GLM	Generalized linear models

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

IC	Intervalle de confiance	CI	Confidence interval
IDFG	Idaho Department of Fish and Game	IDFG	Idaho Department of Fish and Game
IP	Intervalle de prédiction	PI	Prediction interval
ITD	Idaho Transportation Department	ITD	Idaho Transportation Department
LRM	<b>Lynch &amp; Ritland estimator</b> <b>Mean</b> : une mesure de distance génétique par paires (association génétique). Une valeur élevée quant au LRM indique une plus forte probabilité de parenté.	LRM	<b>Lynch &amp; Ritland estimator</b> <b>Mean</b> : a measure of pairwise genetic relatedness. A high value for LRM indicates a higher probability of relatedness.
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec	MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec	MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec
MRDM	Regression multiple sur des matrices de distance	MRDM	Multiple regression on distance matrices
NDOT	Nevada Department of Transportation	NDOT	Nevada Department of Transportation
PBBét	Ponceau avec une banquette de béton : Le ponceau présente sur un côté une banquette de béton pleine largeur ou partiellement remplie de matériel granulaire, à une hauteur inférieure à la tablette de béton installée dans le PTBét. Ce type de pied sec a été intégré à la conception d'origine du ponceau.	CWWC	Box culvert with concrete walkway: This box culvert includes on one side a walkway made of concrete (in some cases partially filled with granular material), which was originally included in the conception and production of the culvert, at lower height than the concrete ledge of the CLC.
PCM	Polygone convexe minimum	MCP	Minimum convex polygon
PEHD	Polyéthylène de haute densité	PEHD	High density polyethylene
PFS	Étude de fonds communs	PFS	Pooled Fund Study
PNJC	Parc National de la Jacques-Cartier	PNJC	Parc National de la Jacques-Cartier
PS	Ponceau sec ou tuyau circulaire : Il s'agit d'un TBA (tuyau de béton armé) ou d'un tuyau en PEHD	PC	Pipe culvert, also called round concrete culvert: This is a pipe made of concrete (TBA = tuyau de

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	(polyéthylène de haute densité), généralement d'un diamètre de 600 ou 900 mm.		béton armé) or of PEHD (polyéthylène de haute densité), usually of a diameter of 60 or 90 cm
PTBét	Ponceaux avec pied sec de type tablette de béton : Le ponceau présente sur un côté une tablette de béton pleine largeur, plus haut au-dessus de l'eau que le trottoir de béton du PBBét. Ce type de pied sec a été intégré à la conception d'origine du ponceau.	CLC	Box culvert with concrete ledge: This box culvert includes on one side a concrete ledge, which was originally included in the conception and production of the culvert, higher above the water than the concrete walkway of the CWWC.
PTBois	Ponceau avec tablette de bois installée en porte-à-faux : Le ponceau présente sur un côté une tablette de bois soutenue par des supports métalliques vissés dans la paroi du ponceau.	WLC	Box culvert with a wooden ledge: This type of box culvert includes on one side a wooden ledge attached to the wall of the culvert by metal support beams and screws.
RFL	Réserve faunique des Laurentides	RFL	Laurentides Wildlife Reserve
RMD	Rendement maximal durable	MSY	Maximum rate of sustainable yield
SIG	Système d'information géographique	GIS	Geographic information system
TPF	Programme de fonds communs de transport	TPF	Transportation Pooled Fund Program
UGAF	Unité de gestion des animaux à fourrure	UGAF	Fur-bearing animal management unit
VHF	La bande des très hautes fréquences (30 MHz à 300 MHz)	VHF	Very high frequency (30 MHz to 300 MHz)
WTI	Western Transportation Institute of Montana State University	WTI	Western Transportation Institute of Montana State University
ZER	Zone des effets routiers	REF	Road effect zone

## 1. INTRODUCTION

L'élargissement de deux à quatre voies de la route 175 entre les villes de Québec et Saguenay a représenté l'un des plus importants projets d'expansion routière au Canada. La longueur totale du tronçon élargi couvre une distance de 174 km, du km 53,4 au km 227, dont 133 km traversent la réserve faunique des Laurentides (RFL). La construction fut entamée en 2006 et achevée en 2011. L'emprise de la nouvelle route occupe une largeur plus élevée que l'ancienne, soit approximativement le triple, soit de 30-35 m à 90-100 m (Fig. 1.1).

Ce territoire naturel que sillonne la route 175 constitue un habitat important pour de nombreuses espèces fauniques. De longs tronçons de la route 175 sont adjacents au parc national de la Jacques-Cartier (PNJC) alors que d'autres scindent la RFL. L'élargissement de cet axe routier a ainsi augmenté le morcellement des habitats, en éloignant davantage les milieux forestiers situés de part et d'autre de l'emprise à des distances pouvant rendre difficiles ou impossibles les traversées sécuritaires des espèces de petite et moyenne taille. Dans le cadre des travaux de réfection sur la route 175, un bon nombre de mesures d'atténuation ont été mises en place afin de minimiser les impacts environnementaux. En premier lieu, ces mesures visaient à réduire les impacts sur la faune et à diminuer les collisions entre des véhicules et la faune et plus particulièrement celles impliquant l'orignal. Elles visaient également le maintien de la connectivité entre les habitats fauniques. Les 33 nouveaux passages à petite et moyenne faune aménagés aux abords de la route 175 furent parmi les premiers du genre à être installés au Québec. La mise en place de ces passages faisait suite à celle de trois passages et des clôtures à petite faune à partir de 2002 dans le cadre du prolongement du boulevard Robert-Bourassa, de même que cinq passages inférieurs, des clôtures anti-cervidés ainsi que 30 sautoirs à cervidés lors du prolongement de l'autoroute Robert-Cliche (aut. 73 Sud) à partir de 2004. Les 33 installations mentionnées plus haut le long de la route 175 et trois passages inférieurs à grande faune ont été construits entre le km 60 et le km 144, tandis que trois autres structures de franchissement conçues aussi pour la grande faune ont mis en place dans le nord de la RFL, soit aux kilomètres 178, 198,1 et 210. Ce projet d'élargissement de route s'est avéré une occasion unique d'étudier les effets positifs des passages fauniques au Québec.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 1.1** La route 175 après son élargissement dans la réserve faunique des Laurentides (Photo : Université Concordia)

De nombreuses études ont démontré que la présence des routes augmentait la mortalité faunique pour de nombreuses espèces. Elles constituent aussi des barrières aux déplacements de la faune, réduisant ainsi la quantité et la qualité d'habitats disponibles et accessibles. Nous nous soucions de plus en plus de la réduction de connectivité entre les populations animales de part et d'autre des axes routiers. Si rien n'est fait pour atténuer ces effets, les conséquences sur les processus écologiques et les populations animales pourraient être graves : taux de mortalité accru, plus grande vulnérabilité des populations, hausse de la prédation, déséquilibre dans le rapport des sexes, diminution des taux de reproduction, réduction du flux génétique, disparition d'espèces et changements dans la composition des communautés (Forman et al. 2003, Fahrig and Rytwinski 2009, Beckman et al. 2010, van der Ree et al. 2015).

Les mesures d'atténuation sont celles prises pour réduire, à tout le moins et dans une certaine mesure, ces répercussions négatives. Elles visent trois objectifs généraux :

- A. réduire les risques de mortalité de la faune et augmenter la sécurité routière pour les usagers de la route;



- B. améliorer la perméabilité de la route, c'est-à-dire l'accès pour toutes les espèces animales qui sont présentes de chaque côté des axes routiers;
- C. conserver la connectivité entre les processus écologiques de part et d'autre de l'axe routier, et assurer la survie à long terme des populations fauniques de la région.

Pour les gestionnaires des infrastructures routières, il est essentiel de déterminer dans quelle mesure ces dispositions environnementales peuvent contribuer à réduire les impacts négatifs des routes. Cette information s'avérera importante en vue de faciliter l'implantation de mesures d'atténuation au Québec, autant aux abords de nouveaux axes routiers ou de ceux déjà existants, et en particulier dans les forêts plus morcelées au sud de la province.

Le ***Plan de suivi et de gestion adaptative pour les passages à faune pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175*** constitue l'un des premiers éléments élaborés au cours du projet et est disponible en anglais comme en français (Jaeger et Clevenger 2012a, b).

Depuis le début du projet, sept **bulletins d'information** ont été publiés au rythme de deux par année. Le premier a paru en septembre 2012 (Jaeger et coll. 2012a, b); le deuxième en mars 2013 (Jaeger et coll. 2013a, b); le troisième en octobre 2013 (Jaeger et coll. 2013c, d); le quatrième en mai 2014 (Jaeger et coll. 2014a, b); le cinquième en décembre 2014 (Martinig et coll. 2014a, b), le sixième en mars 2015 (Gaitan et coll. 2015) et enfin le septième en janvier 2016 (Plante et coll. 2016). Le huitième bulletin paraîtra en automne 2017.



## 2. PROBLÉMATIQUE

De nombreuses études antérieures réalisées en Europe, en Amérique du Nord et en Australie démontrèrent que beaucoup d'espèces réussissaient à emprunter les passages fauniques (Clevenger and Waltho 2000, Luell et al. 2003, Clevenger and Waltho 2005, Carsignol et al. 2005, van der Ree et al. 2007). Cependant, les travaux de recherche portaient le plus souvent sur les grands mammifères, alors qu'il importe maintenant d'en connaître davantage sur les animaux de petite et moyenne taille (D'Amico et al. 2015, Andrews et al. 2015). Le présent projet de recherche comporte trois objectifs principaux :

- (1) de caractériser les sites de collisions ainsi que les taux de collision entre les véhicules et les mammifères de petite et moyenne taille afin d'évaluer l'effet des mesures d'atténuation qui ont été mises en place sur l'incidence de la mortalité routière;  
Pour évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation à réduire la mortalité routière, trois questions associées à nos travaux de recherche ont été posées :
  - (1) Est-ce que l'expérience de l'observateur et la taille de l'animal influencent la détection de mortalité? Dans l'affirmative, de quelle façon?
  - (2) Est-ce que les mortalités routières sont moins nombreuses aux tronçons où des mesures d'atténuation comme des clôtures d'exclusion et des passages fauniques ont été mises en place?
  - (3) Quelles caractéristiques ou composantes du paysage peuvent expliquer les tendances observées le long de la route 175?
- (2) d'évaluer l'efficacité des quatre types de passage faunique conçus pour les mammifères de petite et moyenne taille (Fig. 2.1 à 2.4):
  1. **ponceau sec (PS), ou tuyau circulaire**: Il s'agit d'un TBA (tuyau de béton armé) ou d'un tuyau en PEHD (polyéthylène de haute densité), généralement d'un diamètre de 600 ou 900 mm (en anglais: *pipe culvert*, ou *round concrete culvert*),
  2. **ponceaux avec pied sec de type tablette de bois installée en porte-à-faux (PTBois)**: Le ponceau présente sur un côté une tablette de bois soutenue par des supports métalliques vissés dans la paroi du ponceau. Ce type de tablette est souvent installé après la mise en fonction du ponceau. Il ne faisait pas partie de la conception d'origine du ponceau (en anglais: *box culvert with a wooden ledge*),
  3. **ponceaux avec pied sec de type tablette de béton (PTBét)**: Le ponceau présente sur un côté une tablette de béton pleine largeur,

plus haut au-dessus de l'eau que le trottoir de béton du PBBét. Ce type de pied sec a été intégré à la conception d'origine du ponceau (en anglais: *box culvert with concrete ledge*),

**4. ponceau avec une banquette de béton (PBBét):** Le ponceau présente sur un côté une banquette de béton pleine largeur ou partiellement remplie de matériel granulaire, à une hauteur inférieure à la tablette de béton installée dans le PTBét. Ce type de pied sec a été intégré à la conception d'origine du ponceau (en anglais: *box culvert with concrete walkway*);

- (3) d'évaluer si les mesures d'atténuation assurent une perméabilité adéquate de la route aux individus et au flux génétique de part et d'autre de la route, avec un intérêt particulier pour la martre d'Amérique.

Le projet *Suivi de l'efficacité des passages fauniques destinés aux mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175* s'intéresse aux espèces plus petites qu'un loup. Il a débuté en avril 2012 pour une durée de quatre ans.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



(a)



(b)

**Figure 2.1** Les quatre types de passage faunique conçus pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175 : ponceau sec (PS) ou tuyau circulaire (Photos: Université Concordia)

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



(a)



(b)

**Figure 2.2** Les quatre types de passage faunique conçus pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175 : ponceau avec tablette de bois installée en porte-à-faux (PTBois) (Photos: Université Concordia)

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



(a)



(b)

**Figure 2.3** Les quatre types de passage faunique conçus pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175 : ponceau avec pied sec de type tablette de béton (PTBét) (Photos: Université Concordia)

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 2.4** Les quatre types de passage faunique conçus pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175 : ponceau avec une banquette de béton (PBBét) (Photos: Université Concordia)



Les méthodes suivantes ont été utilisées (voir détails au chapitre 3):

- (1) Étude de la mortalité routière: Afin de répondre à l'Objectif 1, des relevés de mortalité routière furent menés afin de connaître dans quelle mesure les passages fauniques (en combinaison avec les clôtures à faune de taille moyenne) pouvaient réduire les collisions mortelles avec les mammifères de petite et moyenne taille. Pour chacune des séances de relevés qui durait deux semaines, les chercheurs ont recherché et inventorié les animaux morts ou blessés aux abords de la route 175. Lors des trois premières journées, les relevés se réalisaient le soir, juste avant le coucher de soleil suivi d'une pause de 24 heures sans relevé et finalement de six jours de relevés réalisés à l'aube. Cette procédure fut utilisée durant les étés de 2012, 2013, 2014 et 2015. Les relevés en hiver s'avéraient impossibles à réaliser puisque les carcasses étaient recouvertes de neige et par conséquent, difficiles à repérer d'autant plus qu'elles pouvaient être balayées de la route par les véhicules de déneigement.
- (2) Suivi de l'efficacité des quatre types de passages fauniques: L'utilisation réelle des passages fauniques a fait l'objet d'un suivi permanent (nuit et jour, toute l'année) de juin 2012 à août 2015, grâce à l'utilisation de caméras numériques [*Reconyx HC 600*].
- (3) Les travaux de recherche associés à l'objectif 3 ont débuté à l'an 2 du projet (2013). La martre d'Amérique fut l'espèce ciblée dans ces travaux. Nous avons fait appel à une combinaison de méthodes : radiotélémetrie VHF, capture-marquage-recapture, translocation d'individus de part et d'autre de la route et caméras numériques (*Reconyx HC 600*).



### 3. MÉTHODOLOGIE

#### 3.1 Objectif 1 - Mortalité routière

##### 3.1.1 Zone d'étude

La route 175 relie entre elles les villes de Québec et Saguenay en passant à travers une forêt boréale dominée par des peuplements de sapin baumier (*Abies balsamea*) et d'épinette noire (*Picea mariana*). Elle traverse la Réserve faunique des Laurentides (RFL) où l'exploitation forestière, la chasse et le piégeage sont autorisés, de même que la forêt Montmorency (FM) où l'exploitation forestière l'est également, mais non la chasse. Elle borde également le parc national de la Jacques-Cartier (PNJC), où l'exploitation forestière et la chasse sont interdites. Le débit journalier moyen annuel (DJMA) sur la route 175 était de 5900 véhicules par jour pendant les années 2011-2015. Au cours des mois d'été (juin-septembre), cette moyenne était presque 30% plus élevée (7560 véh. / jour), et environ 20% plus basse (4680 véh. / jour) pendant les mois d'hiver (décembre-mars) (MTMDET). La proportion de camions était de 15%. Le vendredi et le dimanche en été les débits sont le double de la moyenne annuelle (G. Langevin, MTMDET). En 2015, le DJMA était de 6200 véh. / jour, avec 7900 véh. / jour en été et 4900 véh. / jour en hiver. Au cours des années 2004-2015, le DJMA a augmenté de 2% par an (Annexe A). Il n'y a aucune projection disponible pour l'avenir.

Les passages ont été aménagés aux endroits où les déplacements de la faune seraient les plus susceptibles d'être fréquents. Cependant, le choix des sites à aménager ne fut pas basé sur des données obtenues in situ. Cela ne signifie pas que les densités de population étaient plus élevées autour de ces sites que dans d'autres secteurs de la RFL même si cela est possible. À l'époque, aucune donnée en ce qui regarde la mortalité routière des mammifères de petite et de moyenne taille n'était disponible. La faisabilité technique de l'aménagement était une considération importante lors de la sélection des sites de localisation des passages fauniques sous la route. Des clôtures d'exclusion pour les espèces animales de taille moyenne ont été installées de chaque côté des entrées d'un passage. Chacune d'elles mesurait environ 100 m de longueur et avait une hauteur de 90 cm et un maillage de 6 cm sur 6 cm (Fig. 3.1). Dans certains cas, des clôtures à grande faune étaient également installées le long de certains tronçons de la route, celles-ci étaient faites d'un maillage de 30 cm sur 18 cm et d'une hauteur de 2,4 m. Nous avons présumé que les clôtures d'exclusion pour la grande faune n'ont pas nuit pas aux déplacements des espèces de plus petite taille faisant l'objet de cette présente étude.

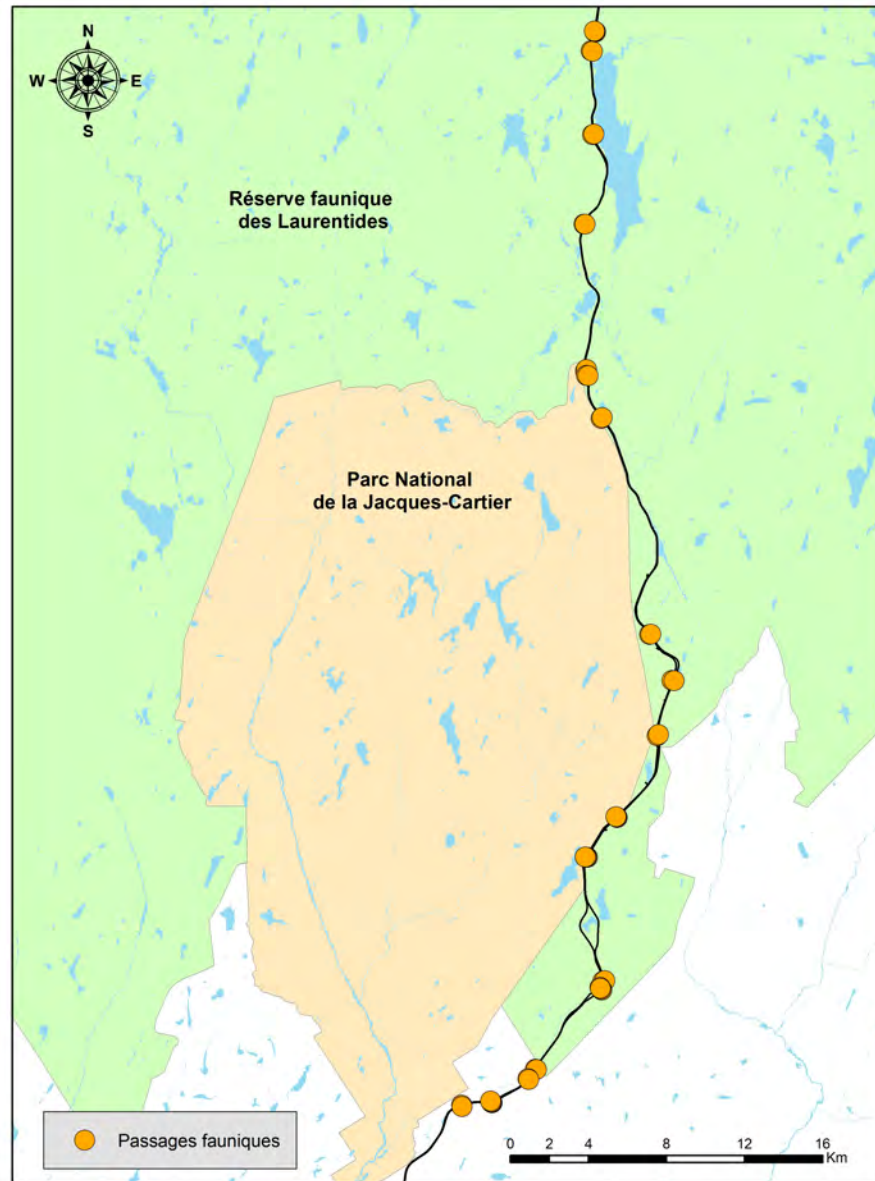
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 3.1 Clôture à grande faune (en haut) et clôture pour la faune de taille moyenne (en bas) (Photo: Université Concordia)**

La construction des 18 passages conçus pour les mammifères de petite et de moyenne taille, de même que des clôtures utilisées en combinaison s'est achevée en 2012, soit au début de la présente étude (sur un total de 33 passages). Cette dernière s'est donc déroulée le long d'un tronçon de route qui inclut les passages fauniques indiqués à la figure 3.2.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 3.2** Emplacement des 18 passages fauniques qui ont fait l'objet de la présente étude entre 2012 et 2015

### 3.1.2 Relevés de mortalité routière

Afin de déterminer l'efficacité des mesures d'atténuation visant à réduire la mortalité routière de la petite et moyenne faune, des relevés de mortalité

routière ont été effectués le long de la route 175 au cours des périodes estivales de 2012 à 2015. La prise de données fut réalisée sur une boucle de 136 km (68 km en direction sud et 68 km en direction nord) entre les kilomètres 75,5 et 143,5 de la route 175.

Nous avons réparti les relevés pour la période estivale en séances de 10 jours espacées de 4 jours sans relevés. Pour chaque séance de 10 jours, les relevés des trois premiers jours ont été faits le soir. Aucun relevé n'a été réalisé lors de la quatrième journée afin de respecter un écart minimal de 24 heures entre la prise de données. Pour les six jours suivants de la séance, les relevés de mortalité ont eu lieu le matin, débutant 30 minutes après le lever du soleil. Neuf relevés de mortalité routière ont donc été effectués par séance. En moyenne, le temps requis pour compléter un relevé se chiffrait à trois heures.

En 2012, nous avons réalisé dix séances de relevés entre le 11 juin et le 24 octobre, tandis qu'en 2013 neuf séances ont été complétées entre le 3 juin et le 24 octobre. Quant à l'année 2014, nous avons réalisé huit séances entre le 26 mai et le 17 septembre. Enfin, sept autres séances ont été complétées entre le 1<sup>er</sup> juin et le 2 septembre, pour un total de 306 relevés de mortalité qui couvraient ces quatre périodes estivales.

Les relevés étaient réalisés par une équipe de deux observateurs (un conducteur et un observateur) se déplaçant en véhicule à une vitesse moyenne de 70 km/h. Toutefois, la vitesse moyenne a été notée lors de chacun des relevés puisque des intempéries ou d'autres problèmes reliés à la sécurité ont pu nécessiter une réduction de la vitesse. Les conditions météorologiques particulières telles que la pluie, la neige ou le brouillard ont également été consignées. Dans le cas où les conditions météorologiques n'ont pas permis d'effectuer les relevés de façon sécuritaire, ces derniers étaient annulés. Cette information fut consignée dans la base de données. Cette situation ne s'est pas produite en 2014 et 2015.

Afin de réduire le risque d'erreur associé au choix du point de départ, quatre points ont été sélectionnés de façon aléatoire (point A = 129 N, point B = 129 S, point C = 103 N et point D = 103 S). À chacun des relevés, la date, la température, le point de départ du relevé, la vitesse moyenne du véhicule, les observateurs (le conducteur et le passager), l'heure de début ainsi que de fin étaient notés. Lorsqu'une mortalité était détectée, l'espèce, les coordonnées GPS, le point kilométrique, l'emplacement sur la chaussée (0 = accotement droit, 1 = voie de droite, 2 = voie de gauche et 3 = accotement de gauche), la direction (nord ou sud) étaient notés. Nous en profitons aussi pour retirer la carcasse de la chaussée. Si son état le permettait, l'âge (juvénile, jeune adulte ou adulte) ainsi que le sexe étaient aussi notés. De plus, une photo de chacune des mortalités a été prise en 2014 et 2015.

La sécurité sur le terrain était d'une grande importance pour les équipes et elle représente une priorité constante. En tout temps sur le terrain, le port d'un gilet

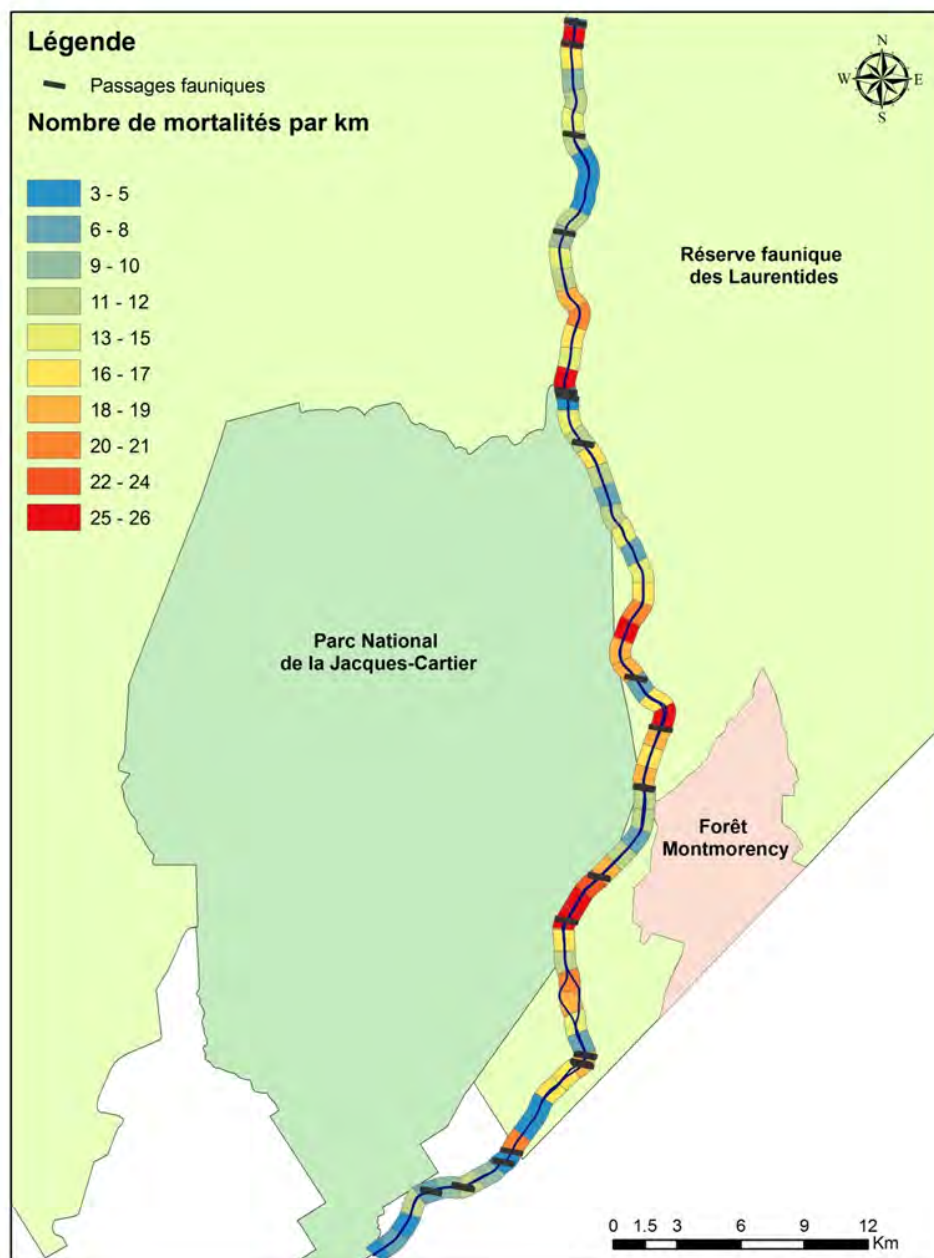
réflecteur, de chaussures adéquates et d'un casque protecteur jaune était obligatoire. Lors des relevés de mortalités, les feux de détresse du véhicule étaient allumés en permanence.

En collaboration avec le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) ainsi que le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), l'identification des carcasses de micromammifères ayant la mâchoire intacte aurait pu être possible. Cependant, un faible nombre a été trouvé en 2014 et en 2015 et aucune carcasse ne présentait un état satisfaisant pour l'identification. Par ailleurs, comme les informations concernant la mort d'amphibiens sur la route intéressaient également le MFFP et le MDDELCC, elles ont été partagées avec ces ministères entre 2012 et 2014.

Nous avons cartographié la position des carcasses qui ont été détectées autant sur le terrain que près des passages et des clôtures à l'aide du logiciel ArcGIS 10.2 (ESRI 2014). Nous avons divisé le tronçon de route où s'est déroulée l'étude en segments de 100 m, pour un total de 1 360 (680 le long des voies en direction nord et 680 en direction sud). Le nombre total d'animaux morts était comptabilisé pour chaque segments de 100 m. Nous avons défini le type de segment en fonction de son emplacement par rapport aux clôtures d'exclusion pour la petite faune. Le segment est classé « clôturé » s'il fait partie intégrante de la clôture et « non clôturé » s'il se trouvait à l'extérieur. Les segments étaient classés comme « extrémité de clôture » s'il chevauchait ou bien qu'il se trouvait à moins de 200 m de la clôture (voir figure 4.2 dans le chapitre 4). Pour chaque segment, nous avons également estimé les distances minimales qui séparaient le centroïde de diverses composantes du paysage avoisinant. Les composantes du paysage suivantes ont été examinées:

- la lisière de la forêt,
- le marécage le plus proche,
- la rivière ou le ruisseau le plus proche,
- la forêt de feuillus la plus proche,
- la forêt mixte la plus proche,
- la forêt de conifères la plus proche.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 3.3** Cartographie des mortalités enregistrées le long de la route 175 au cours des quatre périodes estivales d'échantillonnage et localisation des passages fauniques pour les mammifères de petite et de moyenne taille

Nous avons acquis l'information concernant les composantes du paysage grâce à l'examen des couches successives du SIG fournies par le 4<sup>e</sup> inventaire



écoforestier du MFFP (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs 2013). Nous avons également évalué les distances qui séparent la lisière de la forêt, sans distinction du type de forêt, grâce à l'examen des couches successives du SIG exécuté par Bélanger-Smith (2014). Cet examen fut réalisé à partir d'images aériennes qui provenaient de Google Earth<sup>MC</sup>, et par le calcul des distances minimales entre le centroïde du segment de route et la lisière de la forêt la plus proche. Nous avons évalué la présence d'une bande médiane sur le terrain couverte d'arbustes. Nous avons réalisé toutes les analyses statistiques à l'aide de l'environnement logiciel R (R Development Core Team 2013).

Afin de déterminer lesquelles des caractéristiques de la route et des paysages étaient liées aux localisations des mortalités routières, nous avons pris en considération plusieurs espèces qui ont été regroupées comme suit :

- (a) Toute espèce de masse corporelle inférieure à 1 kg : Selon nous, ces plus petits animaux peuvent facilement passer au travers des clôtures (largeur de maille de 6 cm x 6 cm).
- (b) Toute espèce dont la masse est supérieure ou égale à 1 kg.
- (c) Toutes les espèces regroupées, sauf le porc-épic d'Amérique, la marmotte et les micromammifères. Nous avons exclu le porc-épic d'Amérique de ce groupe en raison de son comportement. Cet animal n'évite pas la route comme les autres et il ne fuit pas à l'approche des véhicules. Les marmottes et les micromammifères sont également exclus car les emprises routières représentent de bons habitats pour ces deux espèces.
- (d) Des modèles statistiques ont été élaborés pour chacune des espèces pour lesquelles au moins 40 observations étaient disponibles. Ce fut donc le cas pour le lièvre d'Amérique, la mouffette rayée, la marmotte commune, le renard roux et le porc-épic d'Amérique.

Nous avons utilisé des modèles linéaires généralisés (GLM; McCullough et Nelder 1989), qui étaient combinés avec une distribution binomiale afin que toutes les espèces soient modélisées, sauf celles dont la masse corporelle était inférieure à 1 kg et le porc-épic d'Amérique. Une distribution de Poisson a plutôt été utilisée pour ces deux derniers cas.

En ce qui a trait aux variables indépendantes, nous les avons toutes évaluées pour leur multicolinéarité (coefficient de corrélation de Pearson  $r > 0,70$ ) (Clevenger et coll. 2003; Barthelmess 2014). Aucune de ces variables n'a été retirée de l'analyse. À propos des modèles spécifiques aux espèces qui comptaient moins de 50 observations (mais au moins 40 observations tel que mentionné ci-dessus), seules quatre variables ont été étudiées afin d'éviter un ajustement à l'excès. Elles sont les suivantes : les distances à la lisière de la

forêt, une rivière et un marécage de même que la présence d'une bande médiane végétalisée. Pour chaque segment routier, toutes les mortalités étaient comptabilisées et la somme obtenue servait de variable-réponse.

Afin d'évaluer l'effet des clôtures d'exclusion sur la mortalité routière, nous avons utilisé le test post-hoc de Dunn via le progiciel dunn.test (Dinno 2016). Nous avons appliqué un seuil de signification de 0,05 dans le but de déterminer si les mortalités décelées pour chaque classe de segments de route (clôturé, extrémité de clôture, non clôturé) ne différaient pas d'une à l'autre de façon significative.

### **3.1.3 Probabilité de détection**

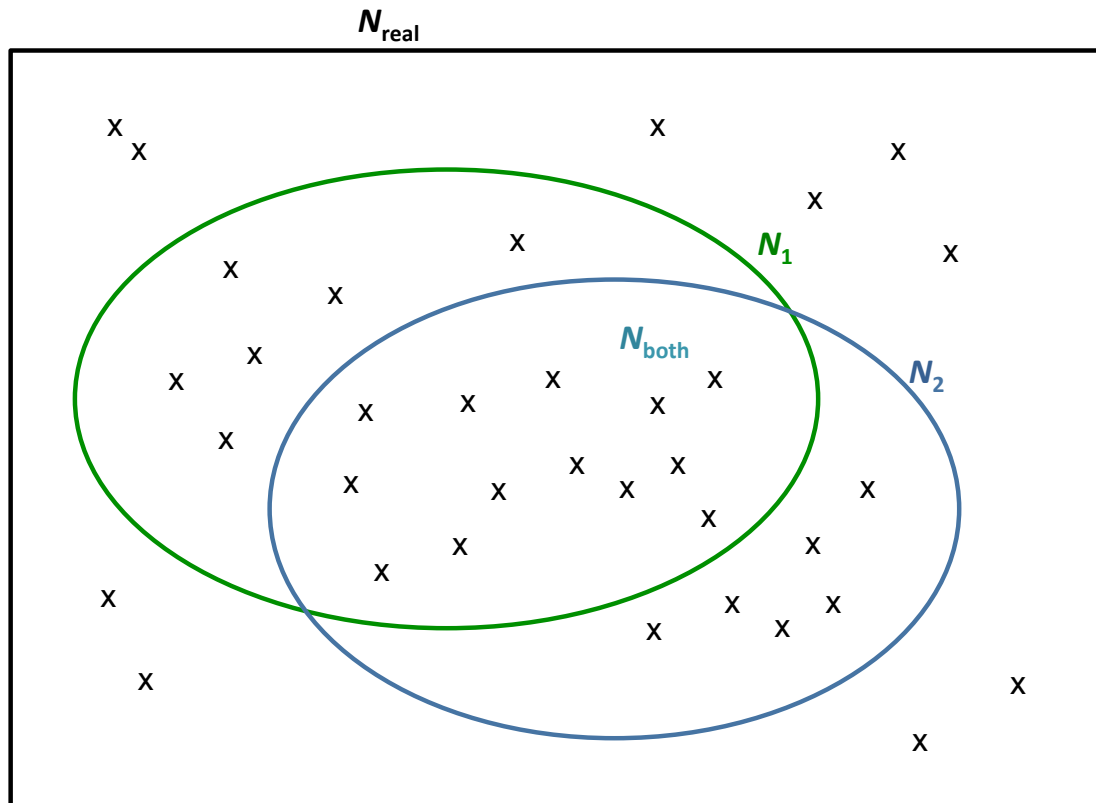
Au cours des périodes estivales de 2014 et 2015, nous avons réalisé respectivement 28 et 17 relevés de mortalité à l'aide de deux équipes pour évaluer le taux de détection des animaux morts. Les deux équipes ont complété leur relevé de mortalité de façon indépendante. La première équipe ne devait pas retirer les carcasses de la chaussée afin que celles-ci soient toujours détectables pour la deuxième équipe qui suivait. Les équipes sont parties à 20 minutes d'intervalle et ont conservé un contact téléphonique afin que la deuxième équipe ne rattrape pas la première. Nous avons pris en considération que ces relevés réalisés en duplicata ont été réalisés pour des populations jugées fermées, c.-à-d. aucun retrait ou ajout de carcasse, pour la période couverte entre la détection par la première équipe et l'arrivée de la deuxième.

En 2014, 28 relevés ont été effectués de cette façon (30 mai – 28 juin et 7 – 14 juillet) et 65 mortalités ont été observées. En 2015, 17 relevés ont été effectués de cette façon (8 juin – 4 juillet) et 49 mortalités ont été observées. Pour l'analyse des données, les mortalités ont été classées selon la taille de l'animal. Le groupe de mammifères de taille moyenne comprenait la marmotte commune, le porc-épic d'Amérique, le raton laveur, le renard roux, le lièvre d'Amérique et les mammifères de taille moyenne non identifiés. Le groupe des petits mammifères était composé de tous les micromammifères et de l'écureuil roux.

Afin d'évaluer les probabilités de détection, nous avons tenu compte des individus détectés et identifiés au moins une fois lors de la réalisation des relevés en duplicata ( $n = 98$ ). Les animaux dont l'espèce n'a pu être identifiée ( $n = 16 = 65 + 49 - 98$ ) n'ont pas été retenues pour cette analyse.

Nous avons utilisé la méthode de Petersen en vue de calculer le nombre d'animaux tués lors des relevés réalisés en duplicata. Selon C.G.J. Petersen, elle suit la même logique que les études de capture-marquage-recapture (Krebs 1999). Elle permet également de calculer les intervalles de confiance pour le nombre total d'animaux tués sur les routes et pour leur probabilité de détection

(Krebs 1999). Le nombre d'individus marqués lors d'un premier relevé correspond au nombre d'animaux aperçus par un observateur. Le nombre d'individus capturés lors d'un deuxième relevé correspond au nombre d'animaux aperçus par l'autre observateur. Le nombre d'individus qui font partie du deuxième relevé et qui sont marqués correspond au nombre d'animaux qui sont aperçus par les deux observateurs (Figure 3.4).



**Figure 3.4** Représentation schématique du dénombrement des animaux morts aperçus par l'un ou l'autre des observateurs ( $N_1$  en vert et  $N_2$  en bleu) de même que par les deux observateurs ( $N_{both}$ ) excluant ceux qui se trouvaient sur la chaussée ( $N_{real}$ ). Le nombre total d'individus détectés par au moins un observateur correspond à :  $N_1 + N_2 - N_{both}$ .

Lors des relevés réalisés en duplicata, un certain nombre d'animaux morts se trouvent sur la chaussée ( $N_{real}$ ). Ce nombre n'est pas connu mais nous pouvons l'évaluer grâce aux résultats qui proviennent des relevés réalisés en duplicata en se basant sur les considérations qui suivent. Le nombre d'animaux morts aperçus par les deux observateurs (appelés Obs1 et Obs2) correspond à :

$$(1) \quad N_{both} = N_{real} * p_{Obs1} * p_{Obs2}$$

Le nombre d'animaux aperçus par l'observateur 1 correspond à :

$$(2) \quad N_1 = N_{\text{real}} * p_{\text{Obs1}}$$

et le nombre d'animaux aperçus par l'observateur 2 correspond à :

$$(3) \quad N_2 = N_{\text{real}} * p_{\text{Obs2}}$$

Les nombres  $N_{1+2}$ ,  $N_1$ , et  $N_2$  sont disponibles dans les relevés alors que les autres nombres requis peuvent être calculées à partir de ces derniers. À l'aide de l'équation (2) qui est utilisée dans l'équation (1), nous obtenons :

$$N_{\text{both}} = N_{\text{real}} * p_{\text{Obs1}} * p_{\text{Obs2}} = N_1 * p_{\text{Obs2}}$$

et, par conséquent,  $p_{\text{Obs2}} = N_{\text{both}} / N_1$ . Dans le même ordre d'idées, à l'aide de l'équation (3) qui est utilisée dans l'équation (1), il en résulte  $N_{\text{both}} = N_{\text{real}} * p_{\text{Obs1}} * p_{\text{Obs2}} = N_2 * p_{\text{Obs1}}$ , et, par conséquent,  $p_{\text{Obs1}} = N_{\text{both}} / N_2$ . Nous pouvons également évaluer  $N_{\text{real}}$  à partir de l'équation (1) (estimation approximative) qui correspond à :

$$(4) \quad N_{\text{real\_est}} = N_{\text{both}} / (p_{\text{Obs1}} * p_{\text{Obs2}}) = N_1 * N_2 / N_{\text{both}}$$

Toutefois, la formule présentée en (4) qui concerne  $N_{\text{real\_est}}$  engendre un estimateur biaisé de la taille des populations, ce qui tend à surestimer la population présente (Krebs 1999). Plusieurs méthodes ont été proposées afin de réduire ce biais. Nous avons utilisé l'estimateur recommandé par Seber (1982) :

$$(5) \quad N_{\text{real\_est\_unb}} = (N_1 + 1) * (N_2 + 1) / (N_{\text{both}} + 1) - 1$$

Cette évaluation n'est pas biaisée si  $N_1 + N_2 > N_{\text{real}}$ , mais elle peut presque le devenir si  $N_{\text{both}} \geq 7$  (Seber 1982, Krebs 1999).

Les deux probabilités de détection,  $p_{\text{Obs1}}$  et  $p_{\text{Obs2}}$ , peuvent varier. Par conséquent, nous allons plutôt avoir recours à la moyenne :

$$p_{\text{ave}} = (p_{\text{Obs1}} + p_{\text{Obs2}})/2$$

Les résultats ainsi ajustés par la prise en compte de la moyenne donnent :

$$p_{\text{ave}} = (N_{\text{both}} / N_2 + N_{\text{both}} / N_1)/2 = N_{\text{both}} * (N_1 + N_2) / (2 * N_1 * N_2)$$

Afin de déterminer si l'observateur qui a détecté le plus fréquemment des mortalités avait rempli un plus grand nombre de relevés que l'autre, nous avons exécuté un test exact unilatéral binomial ( $\alpha = 5\%$ ).

En vue d'étudier l'effet de la masse de l'animal sur la probabilité de détection des mortalités, nous avons exécuté une régression logistique sur les mortalités observées dans les deux relevés (codifié en tant que 1) et les mortalités détectées une seule fois (codifié 0). Le logarithme de la masse corporelle des espèces fut utilisé comme la variable prédictive. Les valeurs théoriques de masse ont été tirées de la revue « Ecological Archives » (Smith et coll. 2003).

### 3.2 Objectif 2 - L'efficacité des passages fauniques

#### 3.2.1 Observation de l'utilisation des passages

L'utilisation des passages fauniques a été documentée à l'aide de pièges photographiques à éclairage infrarouge de marque Reconyx<sup>MC</sup> (HC600 Hyperfire Covert IR, Holmen, WI, USA, Fig. 3.5). Ils ont été installés à chaque extrémité des passages (nombre de passages = 18, Fig. 3.2, nombre total d'appareils photos = 48, Tabl. 3.1). Les passages formés de deux segments séparés par une ouverture dans le terre-plein central étaient équipés de 4 appareils (2 pour chaque segment).



Figure 3.5 Installation des caméras *Reconyx* dans les passages fauniques (exemple) (Photo : Université Concordia)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau 3.1 Nombre d'appareils photos installés à chaque emplacement et date d'activation de chacun**

<b>Passage faunique</b>	<b>Kilomètre</b>	<b>Type de passage</b>	<b>Nombre d'appareils photo</b>	<b>Date d'activation</b>
80	79+725	PTBét	2	14 juin 2012
81	81+260	PTBois	4	16 juin 2012
83	83+200	PS (TBA)	2	16 juin 2012
84	84	PS (TBA)	2	2 juin 2012
89	88+990	PTBois	4	2 juin 2012
89,5	89+460	PTBois	2	1 juin 2012
96	96+100	PTBét	4	1 juin 2012
98	98+680	PTBét	4	1 juin 2012
104	103+720	PTBét	2	31 mai 2012
107	106+660	PS (TBA)	4	31 mai 2012
110	109+600	PTBét	2	31 mai 2012
122	122+380	PTBét	2	28 mai 2012
124	124+900	PS (TBA)	2	31 mai 2012
125	125	PS (TBA)	2	31 mai 2012
133	133+030	PS (TBA)	2	30 mai 2012
138	138	PBBét	2	30 mai 2012
142	142+500	PTBét	2	30 mai 2012
143,5	143+500	PTBois	4	31 mai 2012

N. B. PS (TBA) = ponceau sec (tuyau de béton armé) d'un diamètre de 600 mm ou de 900 mm; PTBét = ponceau avec pied sec de type tablette en béton; PTBois = ponceau avec pied sec de type tablette en bois installée en porte-à-faux; PBBét = ponceau avec une banquette pied sec de béton.

Les quatre types de passage faunique sont :

1. PS = **ponceau sec** (tuyau circulaire) : Il s'agit d'un TBA (tuyau de béton armé) ou d'un tuyau en PEHD (polyéthylène de haute densité), généralement d'un diamètre de 600 ou 900 mm.
2. PTBois = **ponceaux avec pied sec de type tablette de bois** installée en porte-à-faux : Le ponceau présente sur un côté une tablette de bois soutenue par des supports métalliques vissés dans la paroi du ponceau. Ce type de tablette est souvent installé après la mise en fonction du ponceau (ne faisait pas partie de la conception d'origine du ponceau).

3. PTBét = ponceaux avec pied sec de type **tablette de béton** : Le ponceau présente sur un côté une tablette de béton pleine largeur. Ce type de pied sec a été intégré à la conception d'origine du ponceau.
4. PBBét = ponceau avec une **banquette de béton** : Le ponceau présente sur un côté une banquette de béton pleine largeur ou partiellement remplie de matériel granulaire. Ce type de banquette a été intégré à la conception d'origine du ponceau. Ce type de passage (un passage situé au km 138) ne figurait pas dans l'analyse en raison de la taille de l'échantillon qui équivaut à 1, il demeure trop faible pour permettre l'emploi de tout test statistique.)

Les ponceaux aménagés au km 89,5 et au km 143,5 présentent des tablettes qui contiennent significativement plus de béton que de bois à leur entrée. Toutefois, le matériau de la tablette qui traverse le ponceau est en bois. La structure du ponceau rectangulaire au km 89 a entièrement été conçue en bois (autant à son entrée que tout au long du passage). À ces trois passages fauniques, l'eau est présente presque en tout temps, peu importe la saison. Le niveau varie selon les saisons mais il n'atteint pas les tablettes.

Les ponceaux rectangulaires munis de tablette en béton contiennent également de l'eau, mais le niveau d'eau n'atteint pas les tablettes en règle générale.

Les caméras de détection installées avant 2012 (voir à la section 3.2.4) ont dû être déplacées au printemps 2012 vers l'intérieur d'environ 20 cm, pour se trouver désormais à l'intérieur des passages. L'objectif était de réduire le risque que la poussière et les éléments naturels endommagent les caméras de surveillance de même que la prise de photographies. En déplaçant les caméras vers l'intérieur des passages, ceci réduisait le nombre de déclenchements fautifs associés à la poussière et au mouvement des graminées. D'ailleurs, nous avons obtenu beaucoup moins de photographies sans animaux une fois ces modifications apportées. Le déplacement des caméras vers l'intérieur des passages allait également réduire la visibilité de ces équipements et par conséquent le risque de vol. En 2012, deux caméras installées au km 89,5 ont été volées. Ce passage est situé dans une zone traversée par une petite route d'accès et une rivière où se pratique la pêche sportive. Ces appareils photo ont depuis été remplacés et des boîtes de sécurité munies de cadenas qui ferment à double tour ont été ajoutées. Depuis, aucune caméra supplémentaire n'a été volée à ce passage. Toutefois, en 2014, six appareils photo installés à l'intérieur de passages ont été dérobés (deux au km 138 et quatre au km 143,5). À ces emplacements, ils ont été remplacés et pourvus de boîtes de sécurité munies de cadenas qui ferment à double tour. En 2015, plusieurs pièges photographiques ont également été volés.

Les appareils photo étaient dirigés vers l'intérieur de l'entrée des passages. Ils étaient sensibles au mouvement et enregistraient 5 images aussitôt qu'ils étaient déclenchés. Des triangles de référence en bois étaient placés à l'intérieur de la zone de détection afin de faciliter l'estimation des dimensions corporelles des animaux.

Les caméras ont été en fonction pendant toute l'année dans les passages. Les piles rechargeables au NiMh utilisées à l'été étaient remplacées annuellement par des piles au lithium pour les mois de septembre à mai. Les images prises à partir des appareils photo installés à l'intérieur des passages ont été saisies dans une base de données ACCESS pour en permettre une gestion efficace. Des informations comme l'emplacement, la date, la température, l'heure, la direction du mouvement, le nom de l'espèce, l'âge, le sexe, le nombre d'individus, le franchissement ou non du passage ainsi que le comportement ont été enregistrées. Les animaux pour lesquels il était difficile de déterminer l'espèce, étaient regroupés au niveau du genre ou d'un plus grand groupe taxonomique (les belettes : la belette à longue queue et l'hermine; ainsi que les micromammifères : les musaraignes, les souris, les campagnols et les taupes). Seule la meilleure image de chaque événement était sauvegardée dans la base de données. Les individus étaient considérés comme identiques si leurs photos avaient été captées à l'intérieur de dix minutes l'une de l'autre. Lorsque leur identité était incertaine, une entrée limitée de données était privilégiée que davantage afin d'éviter la pseudorépétition (Hurlbert 1984).

Pour qu'un franchissement de passage soit qualifié de complet, un individu de la même espèce devait avoir été vu se déplaçant dans la même direction à l'aide d'au moins deux caméras distinctes. Les deux photos devaient avoir été prises à l'intérieur d'un intervalle tout au plus dix minutes. Tous les autres événements étaient classés selon l'un des trois différents types de franchissement incomplet : une exploration (lorsque la même caméra montrait le même animal entrer et sortir via la même extrémité du passage), une traversée inconnue (une seule photo prise à une seule extrémité du passage) ou bien partielle (lorsqu'un animal avait été pris en photo par deux caméras dans le cas de passages séparés par une ouverture dans le terre-plein central et équipés de 4 caméras). La totalité des franchissements complets, des incursions, des traversées inconnues ou partielles correspond au nombre total de découvertes du passage, de visites ou d'observations. Cela indique qu'un individu a découvert un passage faunique, peu importe s'il a décidé de traverser ou non le passage.



### 3.2.2 Estimation de l'abondance relative

Outre la fréquence observée d'utilisation de chaque passage, nous avons prévu à l'origine de calculer un indice d'efficacité. Il correspond au rapport qui s'établit entre les utilisations anticipées et les utilisations observées. Afin de procéder au calcul des utilisations anticipées, nous avons prévu d'estimer l'abondance relative des espèces se trouvant aux alentours des passages. Dans le but d'obtenir cette mesure pour plusieurs espèces, nous avons utilisé des boîtes à pistes contenant une substance odorante de même que des stations de repérage munies d'appareils photo, toutes adjacentes à chaque passage (Fig. 3.6).

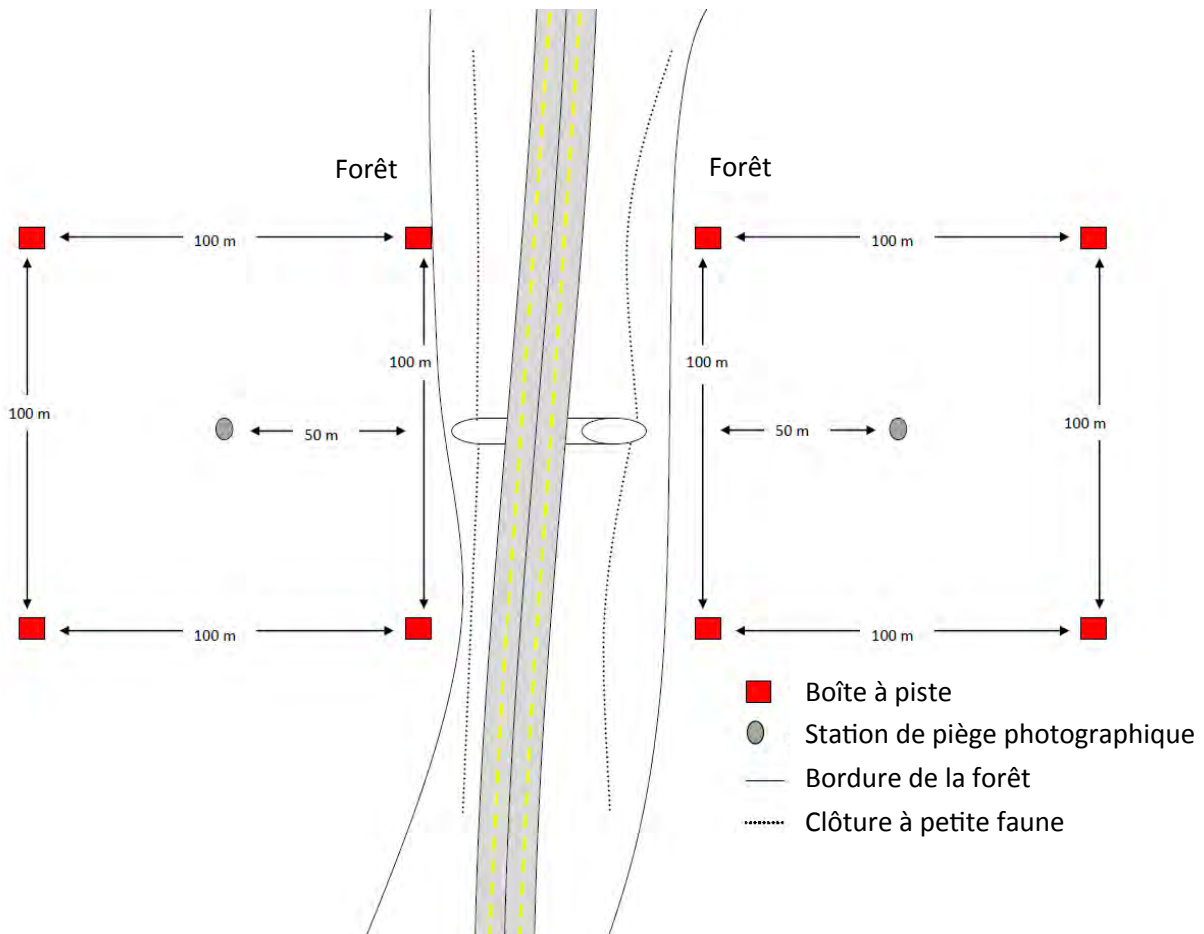
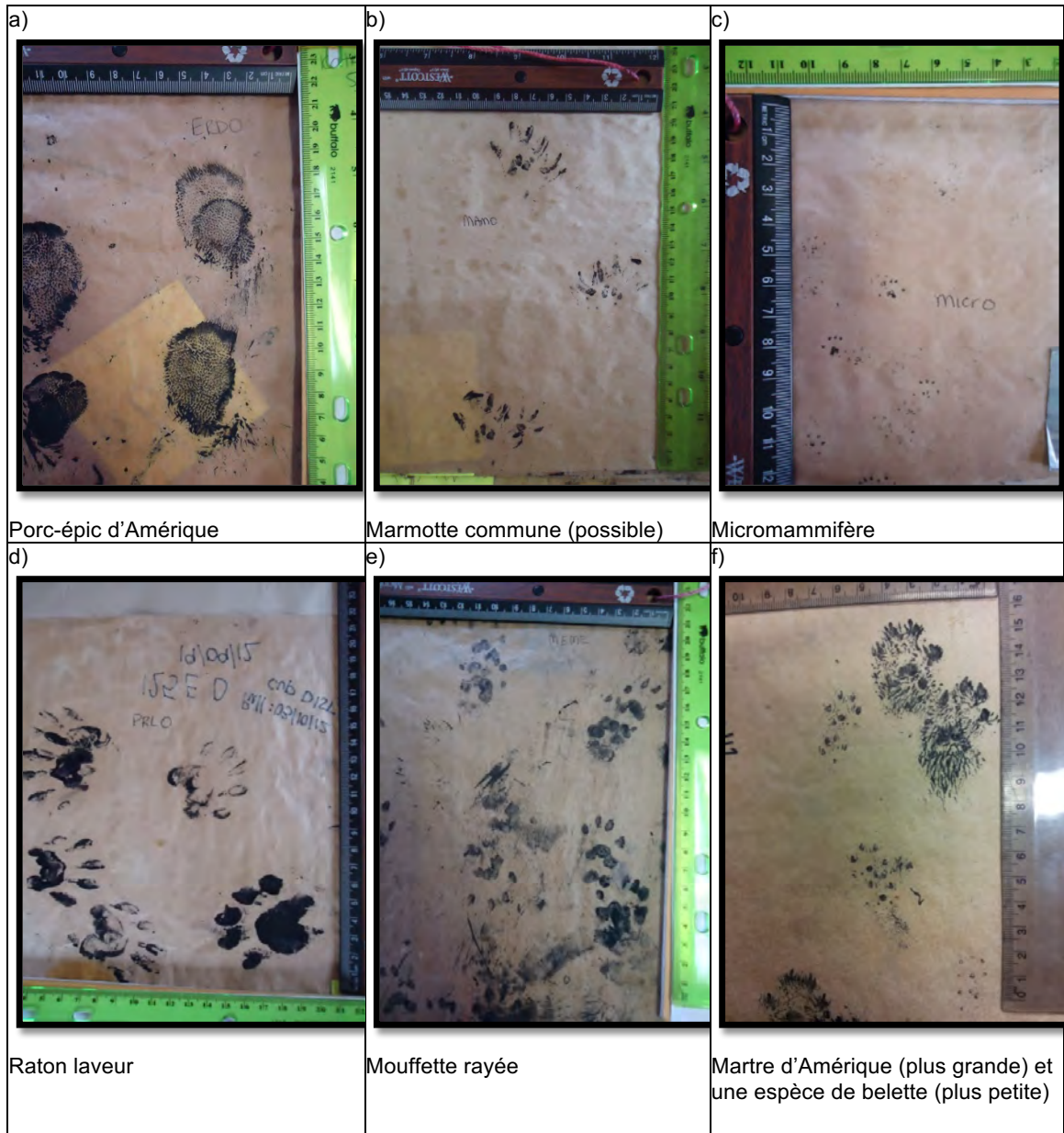


Figure 3.6 Disposition des boîtes à piste (utilisées au cours des étés 2012 à 2014) et des stations munies d'une caméra (seulement à l'été 2012 et à l'été-l'automne 2013)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 3.7 Exemples d'identification de pistes encrées sur papier.** Tous les micromammifères (campagnols, musaraignes, taupes, souris) ont été regroupés ensemble. Toutefois, dans la mesure du possible, des tentatives ont été effectuées afin de procéder à une identification au genre. La belette à longue queue (*M. frenata*) ainsi que l'hermine (*M. erminea*) se retrouvent souvent comme des espèces du genre *Mustela*.

Toutefois, à l'automne 2014, nous avons décidé d'interrompre l'utilisation des boîtes à pistes puisque nous n'arrivions pas à évaluer avec exactitude l'abondance des espèces (pour connaître les raisons, veuillez consulter le

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

tableau 2 du rapport de fin d'année 2014). Les données de repérage étaient inadéquates pour évaluer l'effet des traitements prodigués, compte tenu de toutes les sources possibles de biais (Hurlbert 1984).

Au cours des années 2012 à 2014, nous avons mené à bien 16 séances de travail d'une durée de 14 jours à chacune aux stations de repérage (voir Fig. 3.7 pour des exemples de pistes identifiées). Pour chaque passage faunique, il y avait un maximum de 128 possibilités de repérer une présence faunique aux fins d'estimation de l'abondance relative (8 boîtes à pistes par passage pour 16 séances à chaque boîte). Des séances de formation du personnel ont été réalisées et les mesures relatives aux pistes ont été prises afin d'assurer une identification précise (Taylor et Raphael 1988; Glennon et coll. 2002).

**Tableau 3.2 Espèces observées aux stations de repérage (par ordre alphabétique en anglais)**

<b>Species</b>	<b>Espèce</b>	<b>Total</b>
American marten	Martre d'Amérique	62
Black bear	Ours noir	20
Canada Lynx	Lynx du Canada	2
Common Muskrat	Rat musqué commun	0
Fisher	Pékan	0
Micro-mammal	Micromammifère	1 315
North American beaver	Castor du Canada	3
North American porcupine	Porc-épic d'Amérique	164
Northern flying squirrel	Grand polatouche	1
Raccoon	Raton laveur	16
Red fox	Renard roux	0
Red squirrel or Eastern chipmunk	Écureuil roux ou Tamia rayé	394
River otter	Loutre de rivière	0
Snowshoe hare	Lièvre d'Amérique	125
Striped skunk	Mouffette rayée	62
Unknown	Inconnu	40
Weasel spp. (also including American mink)	Espèces du genre <i>Mustela</i> (y compris vison d'Amérique)	286
Woodchuck*	Marmotte commune	0

\*L'identification de la marmotte commune à la figure 3.7b est incertaine. Par conséquent, elle n'est pas prise en compte ici.

Les feuilles de pistes sont conservées à titre de relevé permanent afin de permettre de réaliser des études ultérieures. Par exemple, elles pourraient servir dans l'avenir à l'élaboration de méthodes plus précises d'analyses morphométriques des pistes. Un aperçu des espèces identifiées par les stations de repérage, en date du 24 octobre, peut être consulté à l'annexe D du rapport de fin d'année 2013.

### **3.2.3 Transects dans la neige d'hiver**

Des inventaires de pistes ont été effectués dans la neige à l'hiver 2012-2013. Compte tenu de préoccupations importantes à propos des méthodes de collecte des données, de même que de leur exactitude, les mesures prises par les techniciens sur le terrain n'ont pas été utilisées dans le cadre de notre analyse. À la suite de discussions entre les chercheurs principaux (J. Jaeger, A. Clevenger et K. Bélanger-Smith) et d'une rencontre tenue le 2 décembre 2013 avec des représentants du MTMDET et du MFFP, il a été décidé d'interrompre le pistage dans la neige au cours des prochains hivers. Les raisons qui ont motivé cette décision incluaient notamment les suivantes :

- Un pistage dans les conditions de neige qui caractérisent la RFL nécessite un personnel hautement qualifié, sans quoi la fiabilité des données ne pourrait être assurée.
- Les coûts engendrés pour rémunérer les employés pendant qu'ils attendent des conditions météorologiques hivernales favorables sont trop élevés.

### **3.2.4 Analyse des données existantes du MTMDET sur les passages fauniques de 2009 à 2011**

Le personnel attitré du MTMDET a recueilli des données sur cinq passages fauniques le long de la route 175 en 2009 et en 2010, ainsi que sur 13 structures en 2011 (Bédard et coll. 2012). Les travaux de recherche effectués en 2013 par M.-H. Paspaliaris (un mémoire d'initiation à la recherche dans le cadre d'un programme Honours) ont consisté en une analyse de ces données et à répondre aux questions suivantes :

1. Quelles espèces ont emprunté les différents types de passage et à quelle fréquence? Montraient-elles des préférences pour certains types de passage?
2. Est-ce que l'utilisation des passages a augmenté entre les années 2009 et 2011?
3. Est-ce que le pourcentage de franchissements complets a augmenté par rapport aux incursions entre 2009 et 2011?

Les méthodes de surveillance des passages fauniques ont évolué d'une année à l'autre. En 2009, cinq d'entre eux étaient seulement surveillés au moyen de plaques pour capter les empreintes. En 2010, la surveillance de ces mêmes passages était effectuée autant à l'aide de plaques à pistes et d'appareils photo à système sensoriel infrarouge. Les pièges photographiques à éclairage infrarouge de marque Reconyx (HC600 HyperFire) constituaient la seule méthode d'observation en 2011 sur 13 passages (un appareil photo à chaque entrée) : 4 tuyaux de béton armé (aux kms 107; 124; 125 et 133); 3 ponceaux avec pied sec de type tablette en bois installée en porte-à-faux (aux kms 89; 89,5 et 143,5); de même que 6 ponceaux avec pied sec de type tablette en béton (aux kms 96; 98; 104; 110; 122 et 142). Le nombre de jours d'observation en 2011 totalisait 2 756 pour l'ensemble de tous les passages.

Les images prises par les appareils photo ont été analysées afin de déterminer quelles espèces animales empruntaient les passages. Également, l'analyse incluait des variables comme la température, la date et l'heure de la journée, l'orientation choisie par l'animal pour traverser, et si ce dernier avait effectué un franchissement complet ou simplement une exploration (aussi connue sous le nom d'incursion). Plusieurs comparaisons ont été effectuées en incluant le nombre de franchissements complets (au mois et à l'année), le nombre d'images prises par rapport aux pistes identifiées à chaque type de passage, le nombre total d'individus par espèce à chaque passage ainsi que le nombre de franchissements complets par rapport au nombre d'explorations.

Dans l'analyse, nous n'avons pas tenu compte des données recueillies en 2009 et 2010 puisque le MTMDET utilisait à cette époque des appâts pour attirer les animaux sauvages. Par conséquent, les préférences des espèces animales pour un type de passage n'ont pu être établies.

Les caméras qui se trouvaient à l'intérieur des ponceaux secs ont été mis en place entre juin et décembre 2011, pour un total de 732 jours (tous les 4 tuyaux de béton armé ont été réunis). Chaque appareil photo fut en opération pendant 183 jours.

Concernant les caméras localisés dans les ponceaux avec pied sec de type tablette en bois, elles ont aussi été installées entre juin et décembre 2011, pour un total de 561 jours (tous les 3 ponceaux confondus). Les caméras qui se trouvaient à l'intérieur des passages au km 88 et au km 89 ont été mises en place pour une durée de 183 jours, tandis que celles au km 143 le furent pendant 195 jours. Puisque le nombre de jours que les caméras étaient en opération variait d'un passage à un autre, le nombre de franchissements complets a été corrigé ou ajusté en prenant comme référence 100 jours d'opération.

Les caméras se trouvant à l'intérieur des ponceaux avec pied sec de type tablette en béton ont été mises en place entre juin et décembre 2011, ce qui équivaut à une période de 1 097 jours (tous les 6 ponceaux confondus). Les

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

appareils photo qui se trouvaient à l'intérieur des passages au km 96, km 98, km 103, km 109 et km 142 ont été mis en place pour une durée de 183 jours, tandis que ceux au km 122 ont été en opération pendant 182 jours.



SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 3.8** Échantillonnage de photos d'individus qui ont effectué un franchissement complet. (a) et (b) un porc-épic repéré en soirée à 8h49min du côté est du passage au km 122,5, puis du côté ouest à 8h52min; (c) et (d) un renard roux repéré en soirée à 8h40min du côté est du passage au km 124, puis du côté ouest à 8h:45min.

Environ 76 000 photos ont été prises pendant une période de plus de six mois. Lorsqu'un mouvement était détecté, le système de la caméra déclenchait la prise de photos à une vitesse de 1/5 de seconde. Trois photos successives étaient prises à chaque déclenchement avec un intervalle d'une seconde entre chaque. Le temps requis pour passer en revue toutes les photos dans le laboratoire de recherche fut d'environ 160 heures, soit une moyenne de

475 images par heure. Le processus d'examen se déroulait en deux étapes : (1) le rejet des photos qui ne montraient aucun animal; et (2) l'examen des photos afin de déterminer si les animaux effectuaient un franchissement complet. Plusieurs photos ne contenaient aucun animal. Par exemple, pour le passage situé au km 124, environ 2 000 photos ne montraient que de l'herbe. Quelques caméras qui se trouvaient à l'intérieur des ponceaux secs saisissaient également à répétition des photos des abords bétonnés de l'entrée du passage. Au cours des années suivantes, les appareils photo ont été déplacés à l'intérieur des passages afin de saisir de meilleures images (voir à la section 3.2.1). En effet, si l'appareil est régulièrement déclenché pour prendre des photos de l'entrée du passage, il y avait des probabilités qu'il ne puisse être assez rapide pour capturer la présence d'animaux qui s'aventuraient dans le passage. De plus, si l'appareil est davantage orienté vers l'intérieur du passage, les chances d'obtenir une photo nette et de pouvoir suivre les animaux sur une plus longue distance étaient améliorées. Les caméras de type Reconyx HC600 ont une portée de 18,3 m autant en période diurne que nocturne.

Lors de la seconde étape, deux écrans d'ordinateurs ont été utilisés afin de déterminer si les espèces avaient effectué un franchissement complet. Ainsi, pour qu'un individu ait effectué un franchissement complet, il devait avoir été repéré par les deux appareils photo se trouvant à chacune des entrées. En fait, il devait entrer par une extrémité puis ressortir de l'autre côté du passage (voir la fig. 3.8). Aussi, l'incursion d'un animal pouvait être distinguée lorsque ce dernier était repéré par un seul appareil installé ou s'il était vu entrer et sortir par la même extrémité. La catégorie « appareil photo non disponible » était assigné à quelques photos dans les cas où la date et l'heure précise des deux caméras installées dans le même passage n'avaient pas été synchronisées, de sorte qu'il était impossible de déterminer si le passage d'un animal était complet. Quant à la catégorie « incursion lorsque'un appareil est non fonctionnel », les caméras n'étaient pas synchronisées pour la date et l'heure mais il apparaissait clairement que l'individu s'était seulement déplacé à l'entrée du passage sans toutefois effectuer un franchissement complet. Dans ce cas, les photos montraient que l'animal avait entré dans le passage mais qu'il était ressorti par la même extrémité.

Parfois, l'animal était photographié pendant une longue période de temps (chez certains, plus de 20 fois du même côté d'un passage) et les franchissements prenaient plusieurs minutes. Un examen plus approfondi devenait alors nécessaire afin de s'assurer qu'il s'agissait bien du même individu.



### **3.3 Objectif 3 - Perméabilité de la route pour les individus et flux génétique de part et d'autre de la route pour la martre d'Amérique**

Pour les carnivores en particulier, des études antérieures ont démontré des corrélations négatives entre l'abondance d'une population et la densité des routes dans le paysage. Le coefficient de cette corrélation devient de plus en plus négatif au fur et à mesure de l'augmentation de la taille corporelle de l'espèce (Fahrig et Rytwinski 2009, Rytwinski et Fahrig 2011, 2012). La martre d'Amérique (*Martes americana*) a été choisie comme espèce cible dans notre étude pour plusieurs raisons. La martre d'Amérique est un carnivore de petite à moyenne taille très territorial. Elle évite les milieux ouverts et les écotones montrant des différences marquées entre les deux habitats (Chapin et coll. 1998, Hargis et coll. 1999). La martre d'Amérique a habituellement servi d'indicatrice de l'état de la forêt boréale (McLaren et coll. 1998). Par exemple, le taux de capture des martres a tendance à décroître dans des habitats fragmentés (Hargis et Bissonette 1997; Hargis et coll. 1999). De plus, la taille des îlots boisés et leur isolement des autres influencent la distribution spatiale des martres dans le paysage (Chapin et coll. 1998). Les routes s'avèrent un élément important du paysage qui peut contribuer de façon significative à la différenciation génétique de nombreuses espèces, y compris la martre d'Amérique. Chez cette espèce, on peut s'attendre à ce que l'élargissement d'une route ait des impacts négatifs sur le déplacement des populations locales, tout en sachant que les répercussions négatives des routes sur les prédateurs de plus grande taille pourraient indirectement et jusqu'à un certain point avantager les mésoprédateurs à l'étude. De plus, la martre a une valeur économique considérable pour les trappeurs dans la RFL, et elle est, au moins jusqu'à un certain point, attrayante et charismatique pour le public en général.

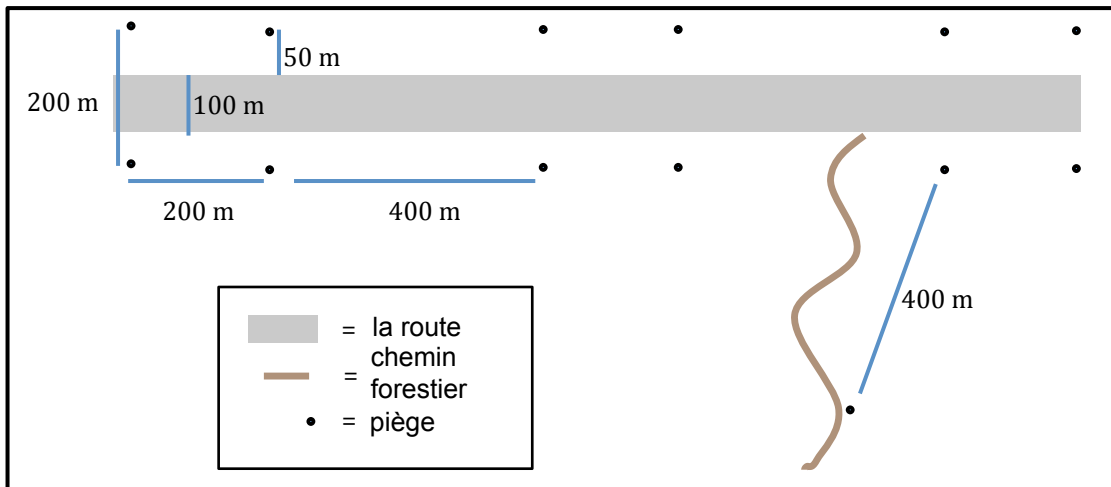
Les questions spécifiques soulevées par ce projet de recherche étaient :

- Est-ce que l'élargissement de la route 175 restreint le déplacement des individus de part et d'autre de la chaussée?
- Comment la route affecte-t-elle les comportements de déplacement de la martre d'Amérique ?

#### **3.3.1 Méthodes de capture: sélection des sites de piégeage**

La perméabilité des routes 175 et 381 pour la martre d'Amérique a été évaluée par radiotélémétrie en effectuant le suivi d'individus qui furent capturés aux abords de la route. Le protocole de piégeage a été mis en application en 2013 et il a débuté par l'examen de sites jugés propices pour la capture en fonction de la qualité de l'habitat. Le positionnement des pièges a été choisi en fonction de critères liés à la qualité de l'habitat lorsque possible. Cependant, mais

d'autres aspects comme l'accessibilité et la sécurité ont également été considérés dans la sélection des sites. Par conséquent, dans les cas où la position d'une des stations de capture dans un quadrat (Fig. 3.9) ne convenait pas au piégeage de la martre, un meilleur point a été choisi à proximité et les trois autres points ont été ajustés afin de maintenir à 200 mètres, dans la mesure du possible, la distance entre les points. La figure 3.9 montre la configuration du quadrat et la disposition des pièges le long des routes à l'étude.



**Figure 3.9** Représentation schématique du plan d'échantillonnage par quadrat pour l'étude de capture-marquage-recapture de la martre d'Amérique

L'accès menant de la route au site de piégeage a été dégagé de la végétation excessive afin de faciliter les déplacements du personnel en direction et en provenance du site. Dans le cas de la route 381, la validation des sites de piégeage a été effectuée au même moment que l'installation des pièges. En 2013, cette configuration de quadrats comprenait également des pièges situés le long de routes secondaires, mais en 2014 et 2015, nous nous sommes concentrés uniquement sur les quadrats situés en bordure des routes.

Au cours de l'automne 2014, quatre séances de trappage ont été réalisées afin de récupérer toutes les martres portant un collier émetteur et d'évaluer leur état et enlever leurs colliers en cas de blessures (voir section 3.3.5 ci-dessous pour une explication plus détaillée). Lors de ces séances, les pièges ont été placés selon une disposition différente du protocole initial dans la plupart des cas, en se concentrant uniquement sur les derniers endroits connus des martres quand une martre pourrait être localisée par triangulation ou autour des endroits visités

par la martre récemment et régulièrement si la triangulation d'un individu donné n'était pas possible au début des séances de recapture.

Les séances de piégeage à l'été 2015 ont été planifiées dans le but de recapturer le maximum possible de martres et de retirer leurs colliers dotés d'un émetteur radio. Le positionnement des pièges a été déterminé d'après nos connaissances sur le domaine vital des individus marqués. Il n'était pas possible de sélectionner la position des pièges en fonction des résultats de la triangulation parce que tous les colliers avaient déjà arrêté de fonctionner avant la réalisation de ces séances. Les pièges ont été installés le long des routes secondaires ou principales selon les individus recherchés ou qui avaient été localisés pendant l'automne et l'hiver précédents. Avant de commencer la séance, tous les sites de localisation étaient approuvés par Dr Marianne Cheveau, spécialiste de la martre au MFFP. Chaque fois qu'il était possible, nous avons essayé de garder le positionnement des pièges selon la configuration d'un quadrat, dans l'espoir d'obtenir quelques données supplémentaires qui allaient être utiles à notre étude de capture-marquage-recapture (CMR). L'installation, la vérification et l'entretien des pièges étaient effectués de la même manière que par les années antérieures. Il en était de même pour la manipulation des martres (section 3.3.3), à l'exception de la pose du collier, car les martres étaient seulement capturées afin que leurs colliers soient retirés. Lors des séances, les individus qui ne portaient pas de colliers devaient être marqués lorsqu'ils se trouvaient aux abords de la route; toutefois, aucun nouveau collier ne fut posé.

### **3.3.2 Installation des pièges et entretien**

Des pièges de type Tomahawk 202 ont été installés sur des rondins tombés au sol, à une hauteur située entre 0,5 et 1,8 m du sol lorsque possible. Des fils métalliques ont été utilisés pour fixer les pièges aux rondins. Afin de mettre les animaux capturés à l'abri des éléments, les pièges ont été équipés d'un toit en Coroplast, puis recouverts de mousse et de branches de sapin au moment de l'installation. Ils ont ensuite été garnis d'un appât composé de sardines, et d'un mélange de confiture de framboises et d'huile de poisson. Des leurres à base d'essence de mouffette et de castoréum ont été installés dans un rayon de 1 à 10 m des pièges afin d'attirer les martres d'une distance supérieure à celle de la portée du seul appât. Durant les sessions de recapture R1 et R2, nous avons utilisé de la viande de rat musqué et de castor afin d'augmenter le taux de réussite du piégeage, au lieu de sardines et d'huile de poisson. Toutefois, nous n'avons observé aucune différence.

Les pièges ont été vérifiés une fois par jour en début de matinée. Après la capture d'une martre, nous passons à l'étape de l'anesthésie et de la manipulation, comme il est expliqué plus bas (section 3.3.3). Lorsqu'une martre

était recapturée, le numéro et la couleur de l'étiquette d'oreille plastifiée étaient enregistrés et il était noté si l'animal portait ou non un collier. Si le piège avait été dérangé (mais sans animal capturé), l'état du piège était consigné comme étant « désactivé » (porte fermée, mais sans animal à l'intérieur), « visité » (une partie ou la totalité de l'appât mangé), « déplacé » (piège retiré de sa position d'origine), « manquant » (piège retiré de sa position d'origine et introuvable), ou « détruit ». Les pièges dérangés ou visités étaient ensuite appâtés de nouveau et remis dans leur état initial. Tout animal capturé, autre que la martre d'Amérique, était libéré sur son site de capture et son espèce consignée. Les écureuils morts étaient retirés des pièges et laissés sur le sol à proximité pour attirer les martres. Les pièges n'ayant reçu aucune visite en quatre jours étaient regarnis d'un appât et les leurres étaient systématiquement remplacés tous les trois jours.

### **3.3.3 Capture de martres et manipulation**

Lorsque des martres étaient capturées, la mousse et les branches de sapin étaient retirées du piège, les fils d'attache étaient coupés pour dégager le piège du rondin, puis le piège était enveloppé dans une grande serviette. Le piège renfermant l'animal était ensuite transporté à un chemin forestier ou à une aire de stationnement en bordure de la route, là où l'animal pouvait être manipulé en toute sécurité. Une fois tout le matériel nécessaire à l'anesthésie, à la manipulation et à l'étiquetage prêt, la martre était libérée du piège au moyen d'un cône de retenue. Elle était ensuite transportée jusqu'au siège arrière du véhicule où l'on procédait à l'anesthésie et à la manipulation. L'induction à l'isoflurane commençait immédiatement et lorsque l'animal présentait les signes physiques de l'anesthésie (relaxation des muscles corporels), il était libéré du cône de retenue. La température de l'animal est alors mesurée à l'aide d'un thermomètre rectal. Si celle-ci se trouvait en dehors de la plage de températures sécuritaires (36 °C à 40 °C), on réchauffait l'animal (en allumant le système de chauffage du véhicule) ou encore on le rafraîchissait (en mettant un contenant réfrigérant sous le corps de l'animal et en appliquant de l'éthanol à ses pattes). On vérifiait également le rythme cardiaque et la fréquence respiratoire pour s'assurer que l'animal réagissait bien à l'anesthésie.

Une fois la martre anesthésiée, nous procédions au prélèvement d'un échantillon de poils sur sa queue (là où les poils plus longs facilitent l'extraction avec une bonne quantité de bulbes pileux) à des fins d'extraction de l'ADN, dans le cadre d'éventuelles analyses génétiques (section 3.3.8). Les poils étaient conservés dans une enveloppe de papier dûment identifiée qu'on rangeait ensuite à l'intérieur d'un sac hermétique contenant des cristaux de silice (sous forme de litière de silice pour chat) pour assurer le séchage. Le sac

hermétique était conservé dans un congélateur pour une meilleure conservation de l'ADN.

Après l'extraction des poils, la masse de la martre était déterminée. Si l'animal pesait plus de 600 grammes, on posait un collier émetteur (Holohil MI-2) de 30 grammes autour de son cou, en respectant la règle de ne jamais utiliser un dispositif pesant plus de 5 % du poids corporel de l'animal.

Toutes les martres recevaient deux étiquettes d'oreille plastifiées Dalton selon un ordre numérique séquentiel. Les étiquettes étaient codées à l'aide de lettres (E et W) et de couleurs (blanc et rouge) pour indiquer de quel côté de la route l'animal avait été capturé (blanc pour l'est ou rouge pour l'ouest). Le but était de pouvoir distinguer ces deux groupes de martres lorsque les individus utiliseraient les passages fauniques. L'examen des photos permettrait ainsi de faire la distinction entre les étiquettes blanches et rouges, et cela même sur les photos en noir et blanc parce que les étiquettes rouges seraient plus foncées. Le sexe de l'animal était ensuite déterminé par inspection visuelle et palpation, et l'âge était évalué selon l'usure des canines (trois catégories : pointues, usées, très usées). Enfin, on mesurait la longueur du corps (du bout du museau jusqu'à la base de la queue), la longueur totale (du bout du museau jusqu'au bout de la queue), et la longueur du pied droit (du talon jusqu'à la griffe du plus long orteil).

Lorsque la procédure de manipulation était terminée, nous cessions immédiatement l'anesthésie et l'animal se faisait administrer de l'oxygène pur au moyen d'un masque jusqu'à ce qu'il manifestait des signes de récupération (généralement des mouvements de pattes courts et rapides). Il était alors remis et laissé dans la cage de capture jusqu'à ce qu'il soit bien éveillé, normalement au bout de quelques minutes. Aussitôt remise sur pattes, la martre recevait de l'eau à boire à l'aide d'une seringue ainsi que de la confiture de framboises. Les animaux se montaient habituellement réceptifs à l'eau et à la confiture. Finalement, la martre était libérée sur son site de capture et le piège était retiré jusqu'au jour suivant pour éviter toute recapture immédiatement après la remise en liberté.

Lorsqu'une martre était recapturée, les étiquettes d'oreille servaient à identifier l'individu. On observait les animaux dans les pièges jusqu'à ce qu'on puisse déchiffrer l'une ou l'autre des étiquettes, après quoi l'animal était relâché. Ce protocole de manipulation avait été suivi dans tous les cas, sauf durant les sessions de recapture (R1-R4), où les martres avaient en outre été soumises à une vérification de leur collier émetteur, ainsi que de l'état de leur fourrure et de leur peau, sous le collier.

### 3.3.4 Effort de capture et succès de capture

Nous avons pu obtenir des informations télémétriques sur 16 individus à proximité de la route 175 et 12 individus à proximité de la route 381. Cependant, nous avons pu obtenir 10 localisations ou plus pour 12 et 8 individus seulement le long de chacune des routes respectivement. Un nombre de localisations inférieur à 10 n'est pas suffisant pour estimer la taille du domaine vital, mais cela nous donne quand même un aperçu du comportement de ces mères par rapport aux routes.

Cinq séances de capture ont été réalisées à l'été 2013 : trois le long de la route 175 (dont deux ont inclus une section de la route 169) et deux le long de la route 381 (Tableau 3.3).

**Tableau 3.3** Dates, sites, effort de capture, nombre de mères capturées et succès de capture après chaque séance. Les séances D1 à D5 ont eu lieu en 2013. Les séances 1 à R4 ont été réalisées en 2014 tandis que les séances 7 à 9 ont été réalisées en 2015. \* Lors de la séance 8, nous n'avons pas marqué les individus qui étaient capturés loin de la route; par conséquent, il était impossible de déterminer le nombre exact d'individus piégés. Ci-dessous, les bilans incluent seulement les mères marquées même si nous avons capturé plusieurs autres individus à l'intérieur de la zone d'étude. \*\* Route 175, entre les kilomètres 126 et 134; \*\*\* Route 175, entre les kilomètres 95 et 103.

Séance	Date de début	Date de fin	Sites	Effort de capture (nuits-pièges)	Total de captures de mères	Mères individuelles capturées (aucune recapture incluse)	Succès de piégeage (total de captures / 100 nuits-pièges)	Succès de piégeage des individus (mères individuelles capturées / 100 nuits-pièges)
2013								
D1	2 JUL	11 JUL	175** et 169	561	0	0	0	0
D2	15 JUL	24 JUL	175*** et 169	500	21	12	4,20	2,40
D3	28 JUL	6 AOÛ	175***	537	39	17	7,26	3,17
D4	10 AOÛ	19 AOÛ	381	514	7	6	1,36	1,17
D5	23 AOÛ	1 SEP	381	484	4	3	0,83	0,62

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

2014								
1	3 JUL	9 JUL	175	342	12	7	3,51	2,05
2	15 JUL	21 JUL	381	365	5	4	1,37	1,10
3	27 JUL	2 AOÛ	175	332	7	5	2,11	1,51
4	7 AOÛ	13 AOÛ	381	379	5	4	1,32	1,06
5	18 AOÛ	24 AOÛ	175	370	11	6	2,97	1,62
6	29 AOÛ	4 SEP	381	419	7	6	1,67	1,43
R1	15 OCT	19 OCT	381	179	1	1	0,56	0,56
R2	25 OCT	29 OCT	175	184	11	6	5,43	3,26
R3	8 NOV	10 NOV	381	170	4	4	2,35	2,35
R4	15 NOV	18 NOV	175	88	7	4	7,95	4,55
2015								
7	6 JUL	16 JUL	381	490	5	5	1,02	1,02
8*	21 JUL	30 JUL	175	495	6*	6*	1,21*	1,21*
9	6 AOÛ	14 AOÛ	381	391	2	2	0,51	0,51
Total 175 (sans D1):				2848	114	63	4,00	2,21
Total 381:				3391	40	35	1,18	1,03
TOTAL (sans D1):				6239	154	98	2,47	1,57

Six séances de capture ont eu lieu au cours de l'été 2014, suivi de quatre séances de recapture additionnelles à l'automne 2014. À partir du 6 juillet 2015, nous avons réalisé trois séances de recapture en 2015, afin de repérer toutes les martres qui manquaient à l'appel et de retirer leurs colliers.

Au mois de janvier 2015, la plupart des signaux émis par les colliers n'étaient plus détectables, mais nous pouvions quand même suivre une martre (A16) sur le site de la route 175 et deux martres (B10 et B11) sur celui de la route 381 avant de perdre définitivement les signaux en mars 2015. Un survol aérien a été mené le 14 mai 2015 pour tenter de repérer tous les signaux perdus. Ceci avait été planifié dans l'éventualité où les martres puissent avoir effectué de longs déplacements, ce qui aurait pu nous amener à ne pas capturer les signaux lors de nos séances de repérage. Le survol aérien a confirmé que tous les colliers étaient hors d'état de fonctionner ou très éloignés de la zone d'étude (voir le rapport de vol de Bruno Baillargeon à l'Annexe F.1).

Nous avons capturé 32 martres le long la route 175, dont seulement 16 ont pu être équipées d'un collier en raison de leur poids. Pour la route 381, 20 ont été capturées et 12 équipées d'un collier émetteur. La liste et les informations sur tous les spécimens de martre d'Amérique capturés au cours de l'étude apparaît à l'Annexe F. Nous avons également dénombré un total de six autres espèces dans nos pièges lors des trois dernières années de piégeage : écureuil roux, lièvre d'Amérique, marmotte commune, grand polatouche, mouffette rayée et mésangeai du Canada (Annexe F.2, Tab. F.2).

### **3.3.5 Problème lié au port du collier émetteur**

Au cours de l'été 2014, plusieurs martres ont été recapturées aux deux sites de localisation et parmi celles-ci, 7 animaux sur 12 ont subi des lacérations au cou de gravité légère à sévère (Annexe F). Lorsque l'équipe de recherche a découvert ce problème, nous avons analysé les éléments de preuve et convenu qu'un ajustement trop serré du collier était la cause des blessures.

À notre connaissance, il n'a pas été rapporté ailleurs que les colliers en soi puissent causer ce type de blessure. Après avoir consulté les Drs Jeff Bowman et Philip Wiebe, nous avons modifié la pose du collier de manière à ce que sa circonférence soit définie par la dimension de la tête de l'animal (une mesure objective) et non par toute autre méthode de mesure externe (le diamètre des doigts ou des crayons afin d'évaluer l'espace libre entre le collier et le cou). Nous avons conclu que le collier doit être le plus lâche possible de manière à ce que seule la dimension de la tête puisse prévenir ce dernier de s'enlever. Nous avons respecté ce nouveau protocole et suivi ces martres au cours de quatre séances R1-R4 qui étaient planifiées à l'automne 2014 de même que de trois séances 7-9 à l'été 2015 (Tab. 3.3). Cette modification a résolu le problème signalé comme c'était indiqué par les conditions des martres recapturées en été 2015 (voir ci-dessous).

### **3.3.6 La radiotéléométrie**

Pendant les mois d'été de 2013 à 2015, des relevés télémétriques ont été réalisées sur une base continue en alternance aux deux sites de l'étude. Au cours de l'automne et de l'hiver, nous avons localisé les martres au moins une fois par semaine (avec quelques interruptions) et cela jusqu'en juin. Nous avons utilisé une antenne portative à trois éléments Yagi et un récepteur VHF afin d'obtenir trois azimuts dans un intervalle de temps inférieur à 20 minutes pour estimer la position de l'animal par triangulation (Harris et coll. 1990).

Notre méthode sur le terrain consistait à intercepter le signal VHF d'une martre portant un collier alors que nous roulions sur la route ou sur un chemin forestier, puis à estimer sa position par la triangulation de la source du signal. Le véhicule



était équipé d'une paire d'antennes à deux éléments (aussi appelées « antennes en H ») pointées en direction opposée aux côtés du véhicule. Ces antennes étaient connectées à un récepteur VHF qui permettait de recevoir des signaux de deux antennes à la fois, ou d'activer puis de désactiver les antennes individuelles pour déterminer la provenance du signal de part et d'autre de la route.

Lorsqu'un signal était détecté par le récepteur du véhicule, l'observateur, au moyen d'une antenne Yagi à trois éléments et d'un récepteur VHF, tentait d'obtenir trois azimuts de l'animal à l'intérieur d'un laps de temps ne dépassant pas 20 minutes. Cette méthode comportait un plus grand risque d'erreur que celle où le relevé des trois azimuts est effectué simultanément, mais elle requiert moins de personnel. Pour le calcul des azimuts, la position de l'observateur était indiquée sur une carte du secteur. Pour obtenir l'azimut, l'observateur évaluait la provenance du signal en déplaçant l'antenne à l'horizontale. Ce faisant, il tentait de percevoir d'où venaient les bips les plus intenses, ou il estimait la ligne qui divisait en deux l'angle formé par les deux points où les bips devenaient inaudibles (soit la ligne au milieu des « zones blanches »). Il prenait ensuite l'azimut de la provenance du signal au moyen d'un compas de visée. Avec trois azimuts distincts pris à partir de trois endroits différents, on pouvait estimer la position de l'animal par la méthode de la triangulation.

Après avoir obtenu chaque azimut, l'observateur traçait sur la carte les lignes correspondant aux positions. Si les lignes étaient conséquentes, c'est-à-dire qu'elles s'entrecroisaient au même point, ou si elles formaient un petit triangle, l'observateur saisisait les coordonnées géographiques de sa position et des relevements dans un ordinateur portable apporté sur le terrain. D'autres éléments d'information étaient consignés, notamment les suivants : numéro de l'ordinateur de terrain (1, 2, 3 ou 4); nom de l'observateur; date; heure; fréquence du collier; numéro du point (1, 2, 3 ou 4); relèvement (en degrés); latitude et longitude; température; vitesse du vent (catégories correspondant à l'échelle de Beaufort); ensoleillement (pourcentage de dégagement de 0 à 100 par tranche de 10); précipitations (aucune, bruine, pluie de faible intensité, pluie, pluie forte, neige, neige abondante); état de l'animal (vivant ou mort); intensité du signal (faible, moyen, fort); animal en mouvement (oui ou non); commentaires.

La position vraisemblable de l'animal, comme elle était estimée sur la carte de relevé des positions, était identifiée comme étant le point numéro 4, et un commentaire était inscrit pour désigner ce point comme étant l'emplacement probable (et non un autre point de la triangulation). Le point numéro 4 était un point de référence, mais l'emplacement réel de la martre était calculé ultérieurement avec plus de précision à l'aide d'un logiciel (LOAS) spécialement conçu pour les études de télémétrie.

Lorsque nous ne parvenions pas à repérer une martre portant un collier émetteur en roulant dans l'aire à l'étude, nous étudions alors la carte topographique du secteur pour trouver un sommet élevé accessible à pied, puis nous tentions d'intercepter le signal du collier à partir de ce point d'observation. Nous avons utilisé le logiciel LOAS<sup>MD</sup> (Ecological Software Solutions LLC) afin de déterminer les positions possibles d'une martre suite à une interpolation par triangulation et le logiciel BIOTAS<sup>MD</sup> (Ecological Software Solutions LLC) afin d'estimer la superficie des domaines vitaux (DV) ainsi que les distances de déplacement.

Les domaines vitaux ont été estimés en utilisant les méthodes suivantes : celle du polygone convexe minimum (PCM, 95 %), celle de la densité à kernel de 50 % et de 95 % de même que celle de validation des moindres carrés (FK50 % et FK95 %). Par animal, un minimum de 30 positions distinctes est requis pour l'estimation des domaines vitaux (Seaman et coll. 1999). Un schéma du nombre de positions par rapport à l'aire du domaine vital peut révéler si l'échantillonnage est suffisant pour permettre d'obtenir une caractérisation adéquate du domaine vital, en sachant que l'aire de celui-ci atteint une asymptote lorsque ce nombre est suffisamment important (Harris et coll. 1990). Nous avons également pu démontrer par nos propres travaux que ce minimum de 30 positions était requis (en accord avec Harris et coll. 1990, Seaman et coll. 1999). Par conséquent, nous avons cherché à en obtenir autant que possible pour avoir une idée précise des domaines vitaux des martres ainsi que de leurs activités normales tout au long de l'année.

S'il y a chevauchement du domaine vital d'un animal avec la route (c.-à-d., des points de télémétrie sont situés de part et d'autre et la route est traversée souvent), on peut déduire que celle-ci ne constitue pas une barrière importante pour l'individu. Toutefois, si l'animal est toujours localisé du même côté et que la forme de son domaine vital s'étire en quelque sorte le long de la route (c.-à-d. que de nombreux points de télémétrie qui sont situés à proximité et au long) et les traversées sont rares, cela indique que celle-ci va plutôt représenter pour lui une barrière territoriale ou, au moins, un obstacle fort. Il convient de faire preuve de prudence avant d'en arriver à de telles conclusions, car d'autres facteurs, comme la disponibilité d'un habitat approprié, les points de repère ou bien les limites du territoire avec un autre animal, peuvent également influencer sur la superficie et la forme des domaines vitaux. Dans certains cas, ils peuvent être perçus comme des barrières effectives, mais pas forcément physiques (Ascensão et coll. 2014).

### 3.3.7 Translocation expérimentale

Même si des animaux qui ont été marqués et munis de colliers émetteurs ne franchissent habituellement pas la route, il peut être possible que certains individus, lors de phases particulières de leur vie comme au moment de la dispersion depuis leur domaine vital à la naissance, soient enclins à traverser au moins une fois. Ces franchissements peuvent être suffisants pour maintenir un flux génétique entre des populations de chaque côté de la route 175. Il est donc important de savoir si les martres ont la capacité de franchir les routes.

À l'automne 2013, nous avons réalisé une translocation expérimentale afin de vérifier la capacité des martres à franchir la chaussée tout en suivant ses mouvements dans un type d'expérimentation impliquant la télémétrie. La procédure expérimentale fut effectuée du 2 au 12 novembre 2013.

Les méthodes de capture et de manipulation étaient identiques à celles décrites ci-dessus, sauf que la martre a été relâchée du côté opposé de la route à celui où elle a été capturée, à 100 mètres au loin dans une zone forestière. Les méthodes de télémétrie ont été adaptées pour un suivi en continu de l'individu jusqu'à 24 heures après que celui-ci ait franchi la chaussée et qu'il soit retourné à son domaine vital d'origine. Nous avons estimé sa localisation à raison d'une fois toutes les 30 minutes lorsque la martre se déplaçait sur de grandes distances, et une fois par heure lorsqu'elle se déplaçait dans la même zone. Les positions ont été estimées par biangulation (à l'intersection de deux données) et non par triangulation. Cette méthode a fourni de points de télémétrie moins précis, mais ils étaient plus fréquents, ce qui était plus approprié afin de suivre la trajectoire de l'animal.

### 3.3.8 Analyse génétique

Nous avons calculé la parenté génétique entre 29 des 32 individus que nous avons pris au piège dans le voisinage de la route 175, afin de tester si cet axe de circulation constitue un obstacle à la dispersion des gènes chez la martre d'Amérique. Nous avons comparé ces résultats avec ceux en différenciation génétique obtenus le long de la route 381, à l'aide de l'information appropriée acquise de 20 individus. Une question relative à nos travaux de recherche portait sur la façon avec laquelle les martres étaient prises au piège. Dans quelle mesure les animaux capturés de part et d'autre d'un axe routier étaient-ils liés les uns aux autres? Et, par rapport à ceux qui se trouvaient du même côté de la route, de même si ces relations diffèrent entre une route à quatre voies (deux chaussées) comme la 175 et une à deux voies (une chaussée) comme la 381. La variable réponse était une mesure d'association génétique par paires, connu sous l'acronyme LRM qui désigne l'estimation d'un coefficient moyen, le « **L**ynch et **R**itland estimator **M**ean ». Une valeur élevée du coefficient LRM indique une plus forte probabilité de parenté. Une grande valeur positive indique une probabilité élevée de lien et une grande valeur

négative indique une faible probabilité (Lynch et Ritland, 1999). L'information provenant des 10 loci microsatellites a été combinée pour déterminer une valeur de parenté génétique pour chaque paire de martres (pas pour chaque microsatellite, éliminant ainsi le risque de pseudoréplication).

L'information associée à lesquelles des martres étaient séparées par un axe routier et lesquelles se trouvaient du même côté de la route, était notée dans une matrice avec « 0 = aucun axe routier » et « 1 = un axe routier à mi-chemin » (voir Annexe E.3). Les distances spatiales entre ces martres sont également indiquées à l'annexe E.3.

Nous avons déterminé le génotype chez 49 individus à 10 locus microsatellites. Nous avons extrait l'ADN à partir des poils de fourrure, à l'aide d'une trousse QIAEasy pour tissus. La détermination du génotype s'était donc effectuée chez des martres. Mais, l'analyse de 10 locus microsatellites avait été développée précédemment chez des martres ou bien des espèces très apparentées : le carcajou (*Gulo gulo*; Gg7, Gg443, Ggu101, Ggu216), la loutre de rivière (*Lontra canadensis*; Lut604), la martre d'Amérique (*Martes americana*; Ma1, Ma2, Ma5, Ma11, Ma19), l'hermine (*Mustela erminea*; Mer041) ainsi que le vison d'Amérique (*Neovison vison*; Mvis002, Mvi1321, Mvi1341, Mvi1354, Mvi2243). Nous avons amplifié les 10 locus microsatellites d'après les méthodes utilisées par Koen et coll. (2012).

Nous nous sommes servis du progiciel GenAlEx dans le but d'évaluer le LRM et de réaliser une régression multiple sur des matrices de distance (MRDM) avec relation génétique comme réponse et deux variables indépendantes (présence de route, distance euclidienne). Nous avons utilisé le paquet *ImPerm* de R pour prendre en compte l'effet de la distance euclidienne, afin d'éliminer soit l'effet de cette variable sur la relation qui existe entre le côté de la route et l'association génétique, ou bien l'effet du côté de la route sur la relation entre la distance euclidienne et l'association génétique (Cushman et coll. 2006). Afin de déterminer si les analyses étaient significatives sur le plan statistique, nous avons utilisé un test de permutation parce que les distances ne sont pas indépendantes l'une de l'autre puisque l'analyse est pairée (Legendre 2000). Chaque martre fut considérée à plus d'une reprise puisque c'est une condition essentielle aux analyses pairées. Le test de permutation permet de réaliser un test de signification sans avoir à faire des suppositions sur l'indépendance des données qu'exigent les tests paramétriques (Legendre 2000, Legendre and Fortin 2010). Les résultats sont présentés au tableau 4.23 à la section 4.3.6.

## 4. ANALYSE DES RÉSULTATS

### 4.1 Objectif 1 - Mortalité routière

*\*Note : Cette section s'inspire des mémoires (M. Sc.) de K. Bélanger-Smith (2014) et de J. Plante (2016).*

#### 4.1.1 Relevés de mortalité routière

Au total, 306 relevés de mortalité routière ont été réalisés pour 34 séances complétées. Cent-deux ont été réalisés le soir et 204 le matin (Tableau 4.1).

**Tableau 4.1 Nombre de relevés de mortalité routière réalisés par année**

	2012	2013	2014	2015	Total
Nombre de relevés le soir	30	27	24	21	102
Nombre de relevés le matin	60	54	48	42	204
Nombre total de relevés	90	81	72	63	306
Nombre de séances	10	9	8	7	34

Le nombre total d'animaux morts détectés au cours des quatre années d'étude s'élevait à 893 (Figure 3.3, Tableau 4.2). Ils appartenaient à 18 espèces ou groupes d'espèces (Figure 4.1). Les taux de mortalité les plus élevés ont été observés chez le porc-épic d'Amérique ( $n = 374$ ), suivi du renard roux ( $n = 52$ ), de la marmotte commune ( $n = 47$ ), des souris ( $n = 46$ ), de la mouffette rayée ( $n = 42$ ) et du lièvre d'Amérique ( $n = 41$ ). Dix-neuf écureuils roux, douze rats laveurs, huit castors du Canada, deux grands polatouches ainsi que deux lynx du Canada ont également été trouvés. Un seul individu a été trouvé pour les espèces suivantes : la martre d'Amérique, le vison d'Amérique et le condylure à nez étoilé. Aucun des animaux identifiés et trouvés morts sur les routes n'était des espèces en péril, en voie de disparition, vulnérables ou menacées.

Certains fragments de corps n'ont pu être identifiés. Ces derniers ont été répertoriés en deux catégories, selon la taille de la carcasse. Au total, 67 carcasses de mammifères de taille moyenne et 102 carcasses de petits mammifères n'ont pu être identifiées. Aucune mortalité n'a été détectée pour le pékan, le rat musqué commun, la loutre de rivière et le loup gris.

À des fins d'analyses et dues aux problèmes rencontrés pour l'identification à l'espèce des micromammifères, ces derniers ont été regroupés en une seule catégorie qui comprend : les campagnols spp., les souris spp., les souris sauteuses spp., les musaraignes spp., les condylures à nez étoilé ainsi que tous les micromammifères non identifiés. Certains petits mustélidés ont aussi

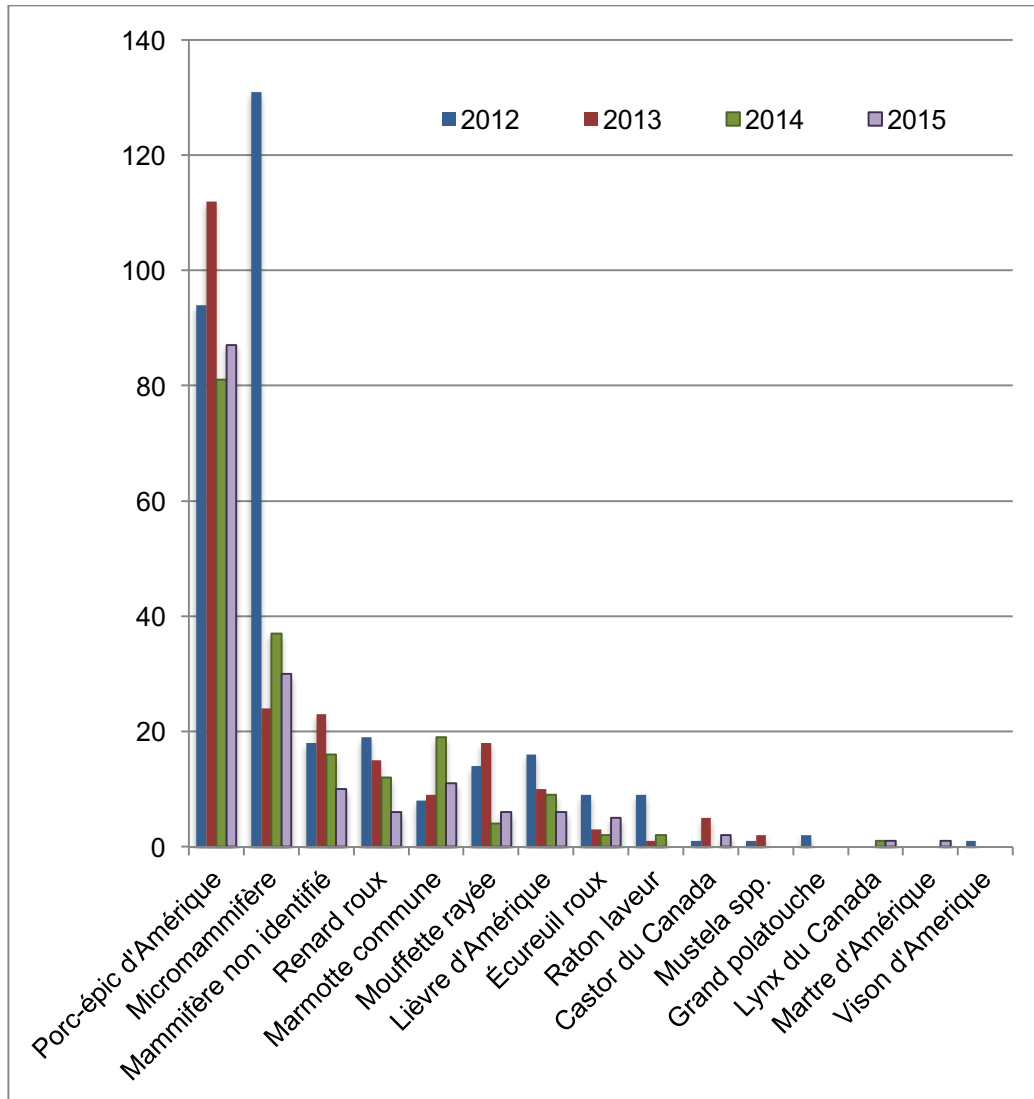
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

été regroupés en une seule catégorie à cause des difficultés d'identification, nommée *Mustela* spp., qui comprend l'hermine et la belette à longue queue.

**Tableau 4.2 Nombre total de mortalités routières observé par espèce et par année**

<b>Species</b>	<b>Espèce</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>Total</b>
North American Porcupine	Porc-épic d'Amérique	94	112	81	87	374
Unidentified small mammal	Micromammifère non identifié	40	15	27	20	102
Unidentified mammal	Mammifère non identifié	18	23	16	10	67
Red Fox	Renard roux	19	15	12	6	52
Woodchuck	Marmotte commune	8	9	19	11	47
Mice spp.	Souris spp.	40	3	2	1	46
Striped skunk	Mouffette rayée	14	18	4	6	42
Snowshoe Hare	Lièvre d'Amérique	16	10	9	6	41
Vole and Bog Lemming spp.	Campagnol spp.	27	1	2	3	33
Shrew spp.	Musaraigne spp.	19	3	6	3	31
American Red Squirrel	Écureuil roux	9	3	2	5	19
Raccoon	Raton laveur	9	1	2	0	12
Jumping Mouse spp.	Souris sauteuse spp.	5	2	0	2	9
North American Beaver	Castor du Canada	1	5	0	2	8
Weasel spp.	<i>Mustela</i> spp.	1	2	0	0	3
Lynx	Lynx du Canada	0	0	1	1	2
Northern Flying Squirrel	Grand polatouche	2	0	0	0	2
American Marten	Martre d'Amérique	0	0	0	1	1
American Mink	Vison d'Amérique	1	0	0	0	1
Star-nosed mole	Condylure à nez étoilé	0	0	0	1	1
Wolf	Loup gris	0	0	0	0	0
River Otter	Loutre de rivière	0	0	0	0	0
Fisher	Pékan	0	0	0	0	0
Common Muskrat	Rat-musqué commun	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>323</b>	<b>223</b>	<b>183</b>	<b>165</b>	<b>893</b>

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.1** Mortalités routières de mammifères de petite et de moyenne taille observées par espèce et détectées de juin à octobre 2012 et 2013, puis de juin à septembre en 2014 et 2015. Les micromammifères de même que les espèces de belettes ont été regroupées (mêmes dénombrements qu'au Tableau 4.2).

Un total de 38 mortalités ont dû être retirées des analyses, en raison d'erreurs humaines ou de localisations par GPS. Concernant les mammifères considérés comme « inconnus » (espèces qui n'ont pu être identifiées), les observations ont également été soustraites ( $n = 67$ ) des analyses. Un total de 787 mortalités ont été retenues pour les analyses (Tableau 4.3). L'examen visuel de la localisation des mortalités n'a révélé aucun patron précis sur la répartition

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

géographique des collisions. En fait, elles étaient réparties sur l'ensemble des tronçons routiers inventoriés (Figure 3.3).

**Tableau 4.3 Dénombrements par année et par espèce des animaux trouvés morts retenus pour l'analyse statistique**

<b>Species</b>	<b>Espèces</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>Total</b>
North American Porcupine	Porc-épic d'Amérique	90	108	80	87	365
Micromammals	Micromammifères	118	23	37	28	206
Red Fox	Renard roux	16	13	11	6	46
Woodchuck	Marmotte commune	7	9	19	11	46
Striped skunk	Mouffette rayée	14	18	4	6	42
Snowshoe Hare	Lièvre d'Amérique	16	10	9	6	41
American Red Squirrel	Écureuil roux	8	3	1	5	17
Raccoon	Raton laveur	8	1	2	0	11
North American Beaver	Castor du Canada	0	5	0	2	7
Canada Lynx	Lynx du Canada	0	0	1	1	2
Northern Flying Squirrel	Grand polatouche	2	0	0	0	2
Weasel spp.	<i>Mustela spp.</i>	1	0	0	0	1
American Marten	Martre d'Amérique	0	0	0	1	1
<b>Total</b>		<b>280</b>	<b>190</b>	<b>164</b>	<b>153</b>	<b>787</b>

Nous avons compté le nombre total d'animaux morts pour chaque 100 m. Nous avons alors défini le type de segment en fonction de son emplacement par rapport aux clôtures d'exclusion pour la petite faune. Nous avons considéré un segment comme étant «clôturé» lorsqu'il était entièrement inclus dans la section clôturée pour la petite faune et «non clôturé» si le segment était situé entièrement en dehors de la section clôturée.



SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

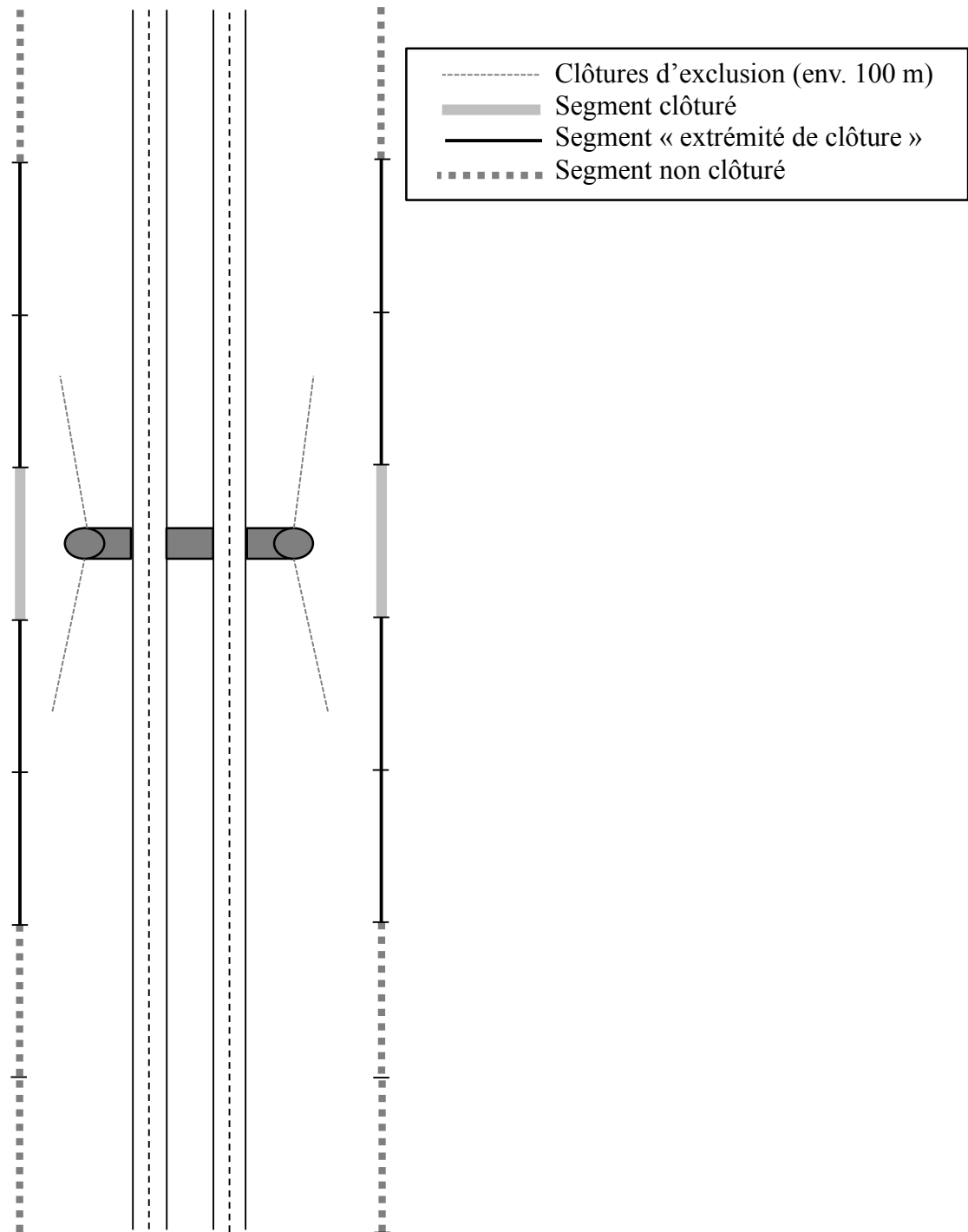
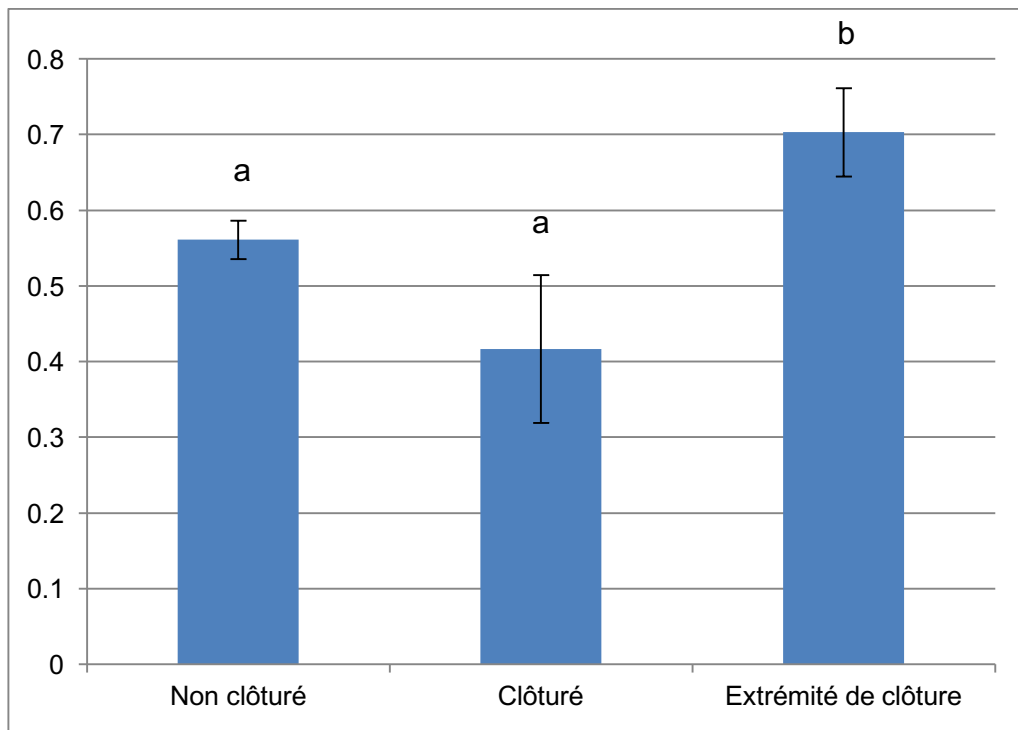


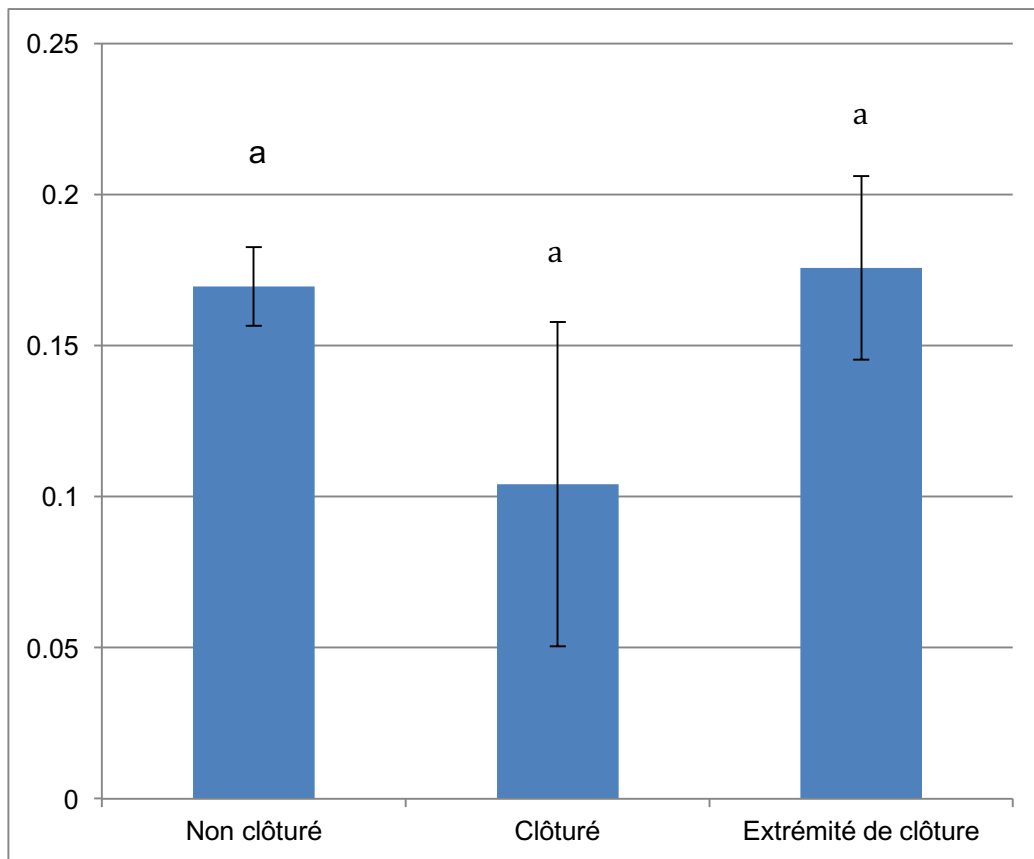
Figure 4.2 Tronçon de route divisé en segments de 100 m selon trois types (clôturé, « extrémité de clôture » et non clôturé)

Nous l'avons codé comme situé «à l'extrémité de la clôture» s'il chevauchait l'extrémité de la clôture ou s'il se trouvait moins que 200 m de l'extrémité de la clôture à l'extérieur de la section clôturée (figure 4.2). L'utilisation d'une distance de 100 m seulement semblait toutefois trop court pour capturer le phénomène à l'extrémité de la clôture. En effet, Cserkés et al. (2013) ont observé que la majorité des cas de mortalité routière ont été trouvés à moins de 400 m des extrémités de la clôture pour la faune de taille moyenne et grande. En conséquence, l'utilisation de cette distance de 200 m de l'extrémité de la clôture pour les mammifères de petite et moyenne taille est plus appropriée car ces espèces ont une tendance à avoir un domaine vital plus petit et des mouvements quotidiens plus courts. Toutes espèces confondues, le nombre moyen de mortalités par segment de 100 m était plus élevé pour les segments « extrémité de clôture ». Il était moins élevé pour les segments clôturés que ceux non clôturés. Le test post-hoc de Dunn a révélé qu'il y avait plus de carcasses près des segments « extrémité de clôture » qu'aux segments de route sans mesure d'atténuation ( $p = 0,008$ ) et qu'aux segments clôturés ( $p = 0,02$ ; Figure 4.3).



**Figure 4.3** Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour toutes les espèces confondues. Les barres d'erreurs représentent l'écart-type

En ce qui concerne les espèces de masse corporelle inférieure à 1 kg, le nombre de mortalités était plus faible dans les segments clôturés (Figure 4.4), soit un nombre 39 % moins élevé que celui obtenu dans les segments non clôturés. Le nombre moyen de mortalités était légèrement plus élevé (4 %) aux extrémités des segments clôturés que les segments non clôturés. Toutefois, le test post-hoc de Dunn n'a révélé aucune différence significative (seuil de signification de 0,05 %,) dans le nombre moyen de mortalités entre les divers types de segments routiers. Cependant, les mortalités étaient beaucoup plus élevées près d'une forêt de conifères et moins élevées à proximité de lacs (Tableau 4.4).



**Figure 4.4** Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour les espèces de moins de 1 kg. Les barres d'erreurs représentent l'écart-type

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

**Tableau 4.4** Modèle de régression pour chaque espèce ou groupe, d'après une sélection progressive à partir du critère d'information d'Akaike (AIC) et à l'aide des progiciels R MASS (Venables et Ripley 2002). Le segment non clôturé correspondait à la catégorie de référence du type, l'estimateur était réglé à zéro. Le pseudo-R<sup>2</sup> de Nagelkerke faisait également partie de l'analyse (Nagelkerke 1991).

Mortalité par espèce ou groupe de même que distances en mètres qui séparent chaque caractéristique de l'habitat et la route	Coefficients	Écart-type	Valeur z	Valeur p	Pseudo R <sup>2</sup>
<b>Mammifères de moins de 1 kg (n = 226)</b>					0,035
(Valeur ordonnée à l'origine)	-1,9680	0,100	-19,74	< 2e-16***	
Forêt de conifères	-0,0008	3,89e-04	-2,04	0,04*	
Lacs	0,0006	1,44e-04	4,37	1,22e-05***	
<b>Mammifères de plus de 1 kg (n = 561)</b>					0,068
(Valeur ordonnée à l'origine)	-0,8373	0,156	-5,36	0,00***	
Segment clôturé	-0,2565	0,269	-0,95	0,34	
Segment « extrémité de clôture »	0,2632	0,105	2,50	0,01*	
Présence d'une bande médiane végétalisée	0,5403	0,111	4,89	0,00***	
Lisière de la forêt	-0,0065	0,003	-2,42	0,02*	
Forêt de feuillus	2,20e-05	1,38e-05	1,60	0,11	
Forêt mixte	0,0004	2,21e-04	1,80	0,07	
Forêt de conifères	-0,0004	2,31e-04	-1,54	0,12	
Rivières	-0,0005	2,97e-04	-1,64	0,10	
<b>Toutes les espèces confondues, sauf le porc-épic d'Amérique, la marmotte et les micromammifères (n = 170)</b>					0,046
(Valeur ordonnée à l'origine)	-2,0220	0,142	-14,24	< 2e-16***	
Segment clôturé	-0,2918	0,536	-0,54	0,59	
Segment « extrémité de clôture »	0,5071	0,203	2,50	0,01*	
Présence d'une bande médiane végétalisée	0,6619	0,206	3,22	1,29e-03**	
Forêt de feuillus	-0,0001	3,16e-05	-3,03	2,45e-03**	

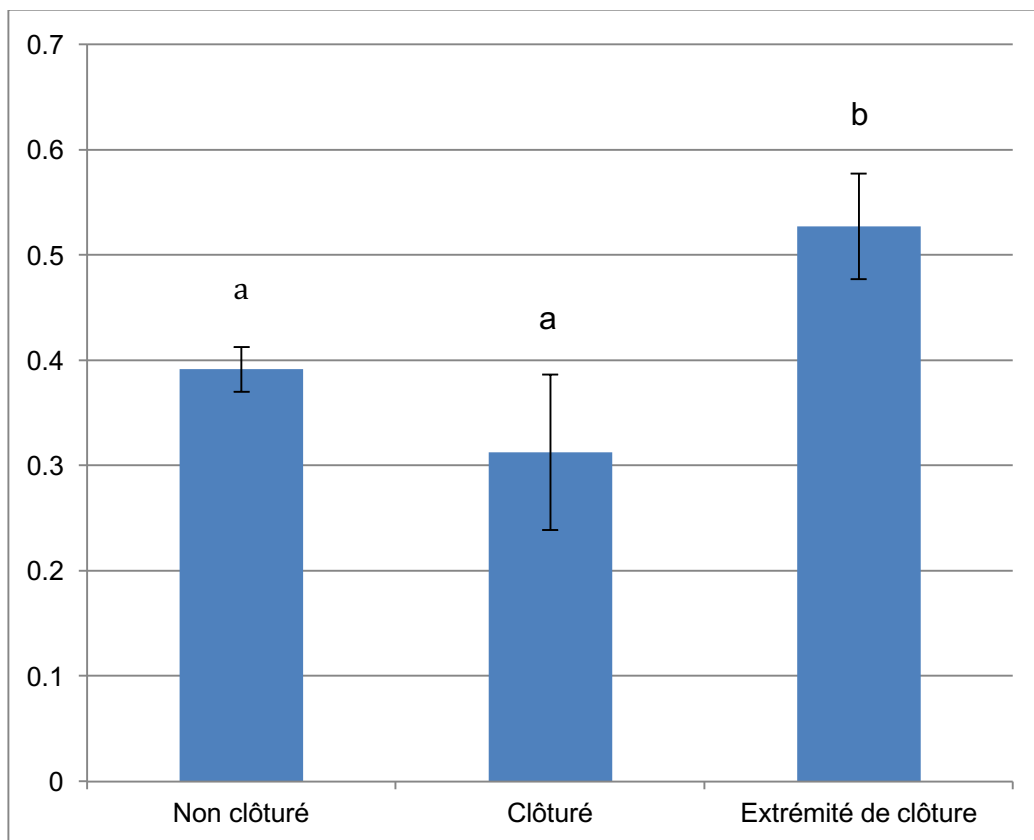
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Lièvre d'Amérique (n = 41)</b>					0,125
(Valeur ordonnée à l'origine)	-1,7441	0,515	-3,39	7,07e-04***	
Présence d'une bande médiane végétalisée	1,4949	0,340	4,39	1,12e-05***	
Lisière de la forêt	-0,0381	0,013	-2,89	3,82e-03**	
Lacs	-0,0017	0,001	-2,66	0,01**	
Rivières	-0,0023	0,001	-1,80	0,07 .	
<b>Mouffette rayée (n = 42)</b>					0,017
(Valeur ordonnée à l'origine)	-3,6956	0,199	-18,61	< 2e-16***	
Segment clôturé	-0,1546	1,030	-0,15	0,88	
Segment « extrémité de clôture »	0,8400	0,348	2,42	0,02*	
<b>Marmotte (n = 46)</b>					
(Valeur ordonnée à l'origine)	-2,4474	0,406	6,03	1,61e-09***	
Lisière de la forêt	-0,0185	0,010	-1,84	0,07 .	
Lacs	-0,0011	0,001	-1,95	0,05 .	
<b>Renard roux (n = 46)</b>					-1,8e-15
(Valeur ordonnée à l'origine)	-3,3749	0,1516	-22,26	< 2e-16***	
<b>Porc-épic d'Amérique (n = 365)</b>					0,078
(Valeur ordonnée à l'origine)	-1,1690	0,159	-7,36	1,89e-13***	
Segment clôturé	-0,2300	0,340	-0,68	0,50	
Segment « extrémité de clôture »	0,2569	0,129	1,99	0,05*	
Présence d'une bande médiane végétalisée	0,5364	0,126	4,25	0,00***	
Lisière de la forêt	-0,0090	0,003	-2,68	0,01**	
Forêt de feuillus	0,0001	0,000	3,87	0,00***	
Forêt de conifères	-0,0008	0,000	-2,16	0,03*	
Marécages	-0,0002	0,000	-1,82	0,07 .	

N. B. Annotation et définition des seuils en ce qui regarde la significativité : 0 '\*\*\*\*' 0,001 '\*\*\*' 0,01 '\*\*' 0,05 '.' 0,1 '' 1

Quant aux espèces de plus de 1 kg, le nombre moyen de mortalités était plus élevé pour les segments situés aux extrémités de clôture. Le nombre moyen dans les segments clôturés était cependant inférieur de 20 % à celui obtenu

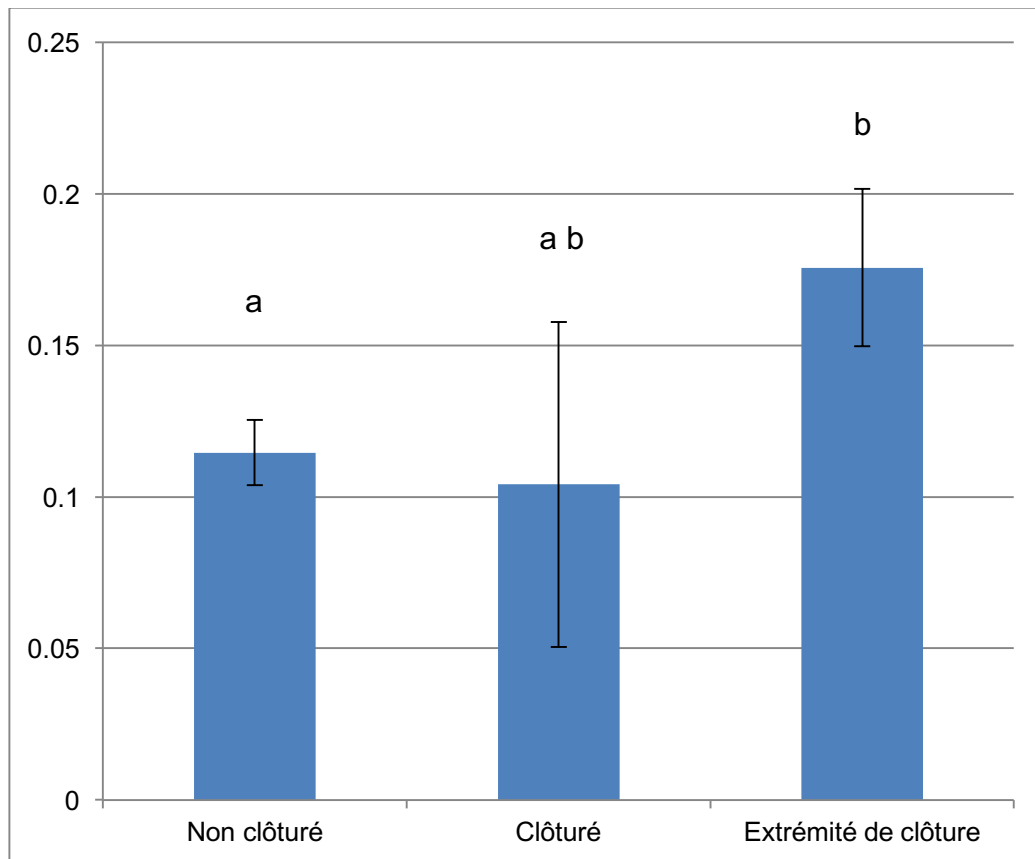
pour les segments non-clôturés. Le test post-hoc de Dunn a révélé qu'il y avait statistiquement plus de carcasses près des segments « extrémité de clôture » qu'aux segments de route sans mesure d'atténuation ( $p = 0,003$ ; Figure 4.5). Le nombre moyen de mortalités était de 35 % supérieure dans les segments « extrémité de clôture » en comparaison avec celui obtenue pour les segments non clôturés. Il était également plus élevé en présence d'une bande médiane végétalisée (Tableau 4.4) de même qu'à l'approche d'une lisière de la forêt.



**Figure 4.5** Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour les espèces de plus de 1 kg. Les barres d'erreurs représentent l'écart-type

Le nombre moyen de mortalités était le plus faible à l'intérieur des segments clôturés pour toutes les espèces confondues, sauf le porc-épic d'Amérique, la marmotte et les micromammifères (Figure 4.6), soit 9 % de moins que pour les segments non-clôturés. Le nombre moyen de mortalités augmentait de 53 % pour les segments « extrémité de clôture » en comparaison avec les autres non clôturés. Le test post-hoc de Dunn a révélé qu'il y avait significativement plus

de carcasses près des segments « extrémité de clôture » que ceux non clôturés ( $p = 0,003$ ). La mortalité augmentait également avec la présence d'une bande médiane végétalisée et d'une forêt de feuillus à proximité, quoique faiblement pour cette dernière variable (Tableau 4.4).

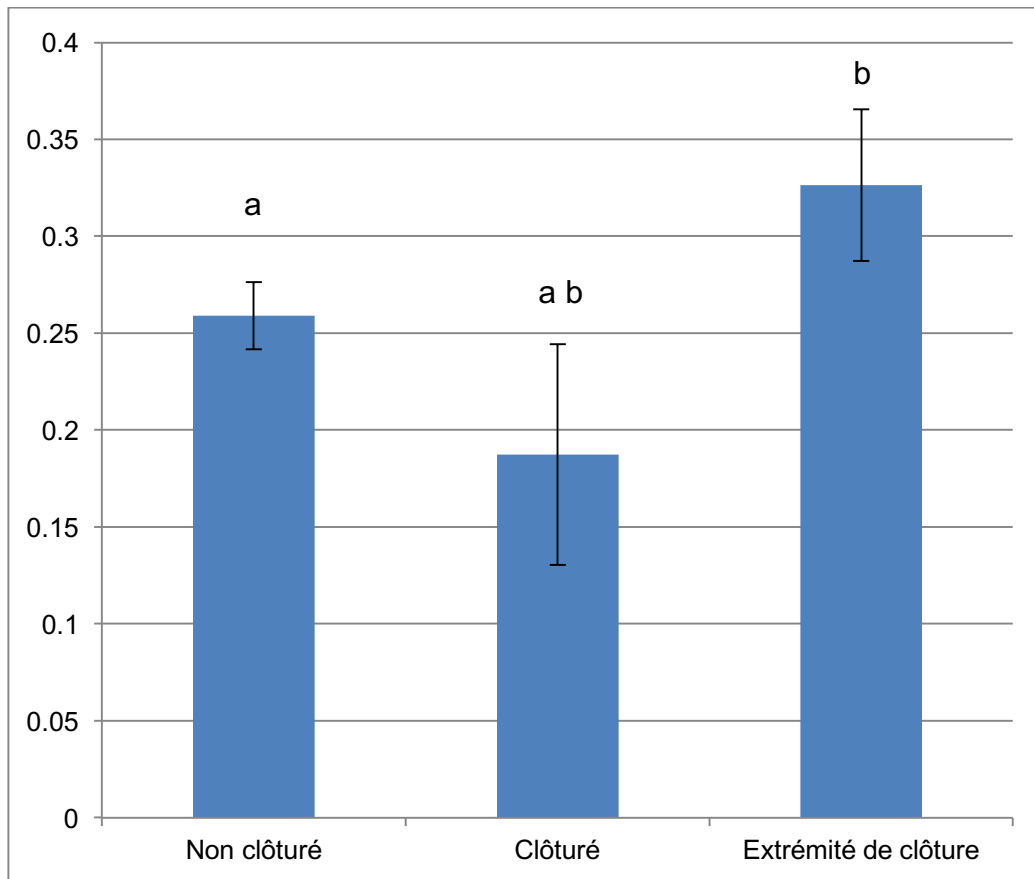


**Figure 4.6** Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour toutes les espèces confondues, sauf le porc-épic d'Amérique, la marmotte de même que les micromammifères. Les barres d'erreurs représentent l'écart-type

Pour ce qui est du lièvre d'Amérique, le nombre moyen de mortalités était beaucoup plus élevé avec la présence d'une bande médiane végétalisée. Cependant, il était plus faible alors que la distance à la lisière de la forêt devenait plus élevée. Le même constat fut observé avec la distance à un lac.

Concernant la mouffette rayée, la mortalité s'était avérée supérieure à l'intérieur des segments « extrémité de clôture » par rapport à ceux non clôturés.

Le nombre moyen de mortalités du porc-épic d'Amérique à l'intérieur des segments clôturés était de 28 % inférieur à celui obtenu pour les segments non-clôturés. Cependant, la mortalité était nettement plus élevée (26 %) dans les segments « extrémité de clôture » comparativement aux segments non clôturés (Figure 4.7). La mortalité augmentait avec la présence d'une bande médiane végétalisée, mais elle diminuait lorsque la lisière de la forêt se trouvait à de plus grandes distances de la chaussée. Finalement, elle diminuait avec l'augmentation de la distance à une forêt de conifères, mais elle augmentait légèrement lorsqu'une forêt de feuillus se trouvait à de plus grandes distances du segment (Tableau 4.4).



**Figure 4.7** Nombre moyen d'animaux trouvés morts par segment de 100 m par type de segment pour le porc-épic d'Amérique. Les barres d'erreurs représentent l'écart-type



#### 4.1.2 Probabilité de détection

Le nombre total de relevés réalisés en duplicata se chiffrait à 45 (28 en 2014 et 17 en 2015). Les résultats obtenus grâce à ces données sont présentés au tableau 4.5. Pour toutes espèces confondues, le nombre total d'individus aperçus sur la chaussée lors de ces relevés se chiffrait à 98, dont 76 de taille moyenne et 22 de petite taille. Parmi les animaux de taille moyenne, 59 individus étaient des porcs-épics d'Amérique (78 %). Par conséquent, nous avons analysé cette espèce à part (Tableau 4.5). Parmi les autres espèces de taille moyenne, il y avait le lièvre d'Amérique ( $n = 5$ ), la marmotte commune ( $n = 8$ ), le renard roux ( $n = 3$ ) et le raton laveur ( $n = 1$ ). Les petits animaux incluaient 21 micromammifères et 1 écureuil roux.

La probabilité de détection pour toutes les espèces confondues s'élevait à 0,72. Les estimations brutes et non biaisées du nombre estimé d'individus (106) trouvés morts étaient très similaires l'une de l'autre. En matière de probabilité de détection, celle de l'observateur 2 (0,724) était un peu plus élevée par rapport à l'observateur 1 (0,714). La valeur moyenne pour eux totalisait 0,719. En ce qui touche les espèces de taille moyenne, la probabilité de détection s'était avérée supérieure : 0,82, en moyenne, comme pour les seuls porcs-épics. Les estimations brutes et non biaisées du nombre estimé d'individus (78 de moyenne taille, dont 61 seraient identifiés en tant que porc-épic) trouvés morts étaient également très similaires l'une de l'autre. Quant aux probabilités de détection des espèces de petite taille, elles étaient nettement plus faibles, avec une moyenne de 0,17. En raison du faible nombre d'individus de petite taille observés, les estimations brutes (71,5) et presque non biaisées du nombre estimé d'individus morts (55) différaient ici fortement.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau 4.5 Résultats obtenus après l'analyse de la probabilité de détection pour toutes les espèces confondues, autant les mammifères de taille moyenne, les porcs-épics et les petites espèces.**  $N_1$  = nombre d'individus aperçus par l'observateur 1;  $N_2$  = nombre d'individus aperçus par l'observateur 2;  $N_{\text{both}}$  = nombre d'individus aperçus par les deux observateurs;  $N_1 - N_{\text{both}}$  = nombre d'individus aperçus que par l'observateur 1, mais non par l'observateur 2;  $N_2 - N_{\text{both}}$  = nombre d'individus aperçus que par l'observateur 2;  $p_{\text{Obs1}}$  = estimation de la probabilité de détection pour l'observateur 1;  $p_{\text{Obs2}}$  = estimation de la probabilité de détection pour l'observateur 2;  $p_{\text{ave}}$  = estimation qui touche la moyenne pour la probabilité de détection;  $N_{\text{real\_est}}$  = estimation brute du nombre total d'individus trouvés morts sur la chaussée (au cours de la réalisation des relevés en duplicata), laquelle est biaisée;  $N_{\text{real\_est\_unb}}$  = estimation non biaisée du nombre total d'individus trouvés morts sur la chaussée (au cours de la réalisation des relevés en duplicata);  $CI_{p_{\text{Obs1}}}$  = intervalle de confiance à 95 % qui touche la probabilité de détection de l'observateur 1;  $CI_{p_{\text{Obs2}}}$  = intervalle de confiance à 95 % qui touche la probabilité de détection de l'observateur 2;  $CI_{p_{\text{ave}}}$  = intervalle de confiance qui touche la moyenne pour la probabilité de détection;  $CI_{N_{\text{Obs1}}}$  = intervalle de confiance d'après l'observateur 1 du nombre total d'animaux trouvés morts sur la chaussée (au cours de la réalisation des relevés en duplicata);  $CI_{N_{\text{Obs2}}}$  = intervalle de confiance d'après l'observateur 2 du nombre total d'animaux trouvés morts;  $CI_{N_{\text{ave}}}$  = intervalle de confiance qui touche la moyenne pour le nombre total d'animaux trouvés morts.

	<b>Toutes les espèces</b>	<b>Espèces de taille moyenne (&gt; 1 kg)</b>	<b>Porcs-épics uniquement</b>	<b>Espèces de petite taille (&lt; 1 kg)</b>
<b>Nombre total d'individus détectés (<math>N_1 + N_2 - N_{\text{both}}</math>)</b>	98	76	59	22
$N_1$	76	63	48	13
$N_2$	77	66	52	11
$N_{\text{both}}$	55	53	41	2
$N_1 - N_{\text{both}}$	21	10	7	11
$N_2 - N_{\text{both}}$	22	13	11	9
$p_{\text{Obs1}}$	0,714	0,803	0,788	0,182
$p_{\text{Obs2}}$	0,724	0,841	0,854	0,154
$p_{\text{ave}}$	0,719	0,82	0,82	0,17
$N_{\text{real\_est}}$	106,4	78,45	60,9	71,5
$N_{\text{real\_est\_unb}}$	106,25	78,41	60,8	55 <sup>a</sup>

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Intervalles de confiance (95 %) :</b>				
<b>CI<sub>p_Obs1</sub></b>	0,59 – 0,815	0,675 – 0,89	0,65 – 0,89	0,03 – 0,52
<b>CI<sub>p_Obs2</sub></b>	0,61 – 0,83	0,725 – 0,925	0,73 – 0,95	0,02 – 0,46
<b>CI<sub>p_ave</sub></b>	0,6 – 0,82	0,7 – 0,91	0,69 – 0,92	0,025 – 0,49
<b>CI<sub>N_Obs1</sub></b>	93 – 129	70,8 – 93	54 – 74	25 – 433
<b>CI<sub>N_Obs2</sub></b>	93 – 126	71,4 – 91	55 – 72	24 – 550
<b>CI<sub>N_ave</sub></b>	93 – 127,5	71 – 92	54,5 – 73	24 – 492

<sup>a</sup> Remarque : En ce qui regarde les petits mammifères, les conditions qui permettaient de calculer une valeur  $N_{real\_est\_unb}$ , non biaisée ou près de l'être, n'étaient pas remplies (lesquelles étaient :  $N_1 + N_2 > N_{real}$  et  $N_{both} \geq 7$ ).

Nous avons émis l'hypothèse d'une population fermée, c.-à-d. qu'aucune carcasse ne devait disparaître ou apparaître sur la chaussée entre les relevés des deux équipes, soit un laps de temps d'environ 15 à 25 minutes. Cette hypothèse est probablement valide pour les mammifères de taille moyenne mais peut-être pas pour les animaux de petite taille. Dans ce dernier cas, des méthodes plus complexes seraient nécessaires afin d'évaluer la probabilité de détection. En ce qui concerne les petits mammifères, les taux de persistance les plus fréquents mentionnés dans la littérature varient de moins d'une heure jusqu'à un jour. Par exemple, Antworth et coll. (2005) ont rapporté que des carcasses pouvaient en moyenne disparaître entre 12 et 24 heures pour des poussins morts (poids approximatif de 30 g) disposés à des fins expérimentales sur la chaussée d'une route de faible circulation en Floride. Lors de cette même étude, ils ont estimé la persistance des serpents morts à entre 3 et 6 heures. De son côté, Slater (2002) a constaté la disparition entre 1 et 4 heures de 50 % d'un appât laissé sur une route au pays de Galles (R.-U.). L'appât était constitué de morceaux (25 à 150 g) de viande de lapin ainsi que d'écureuils gris. Moins de 40 % des petits mammifères trouvés morts dans le sud du Portugal se trouvaient encore sur la chaussée après les 24 premières heures, une constatation formulée par Santos et coll. (2011).

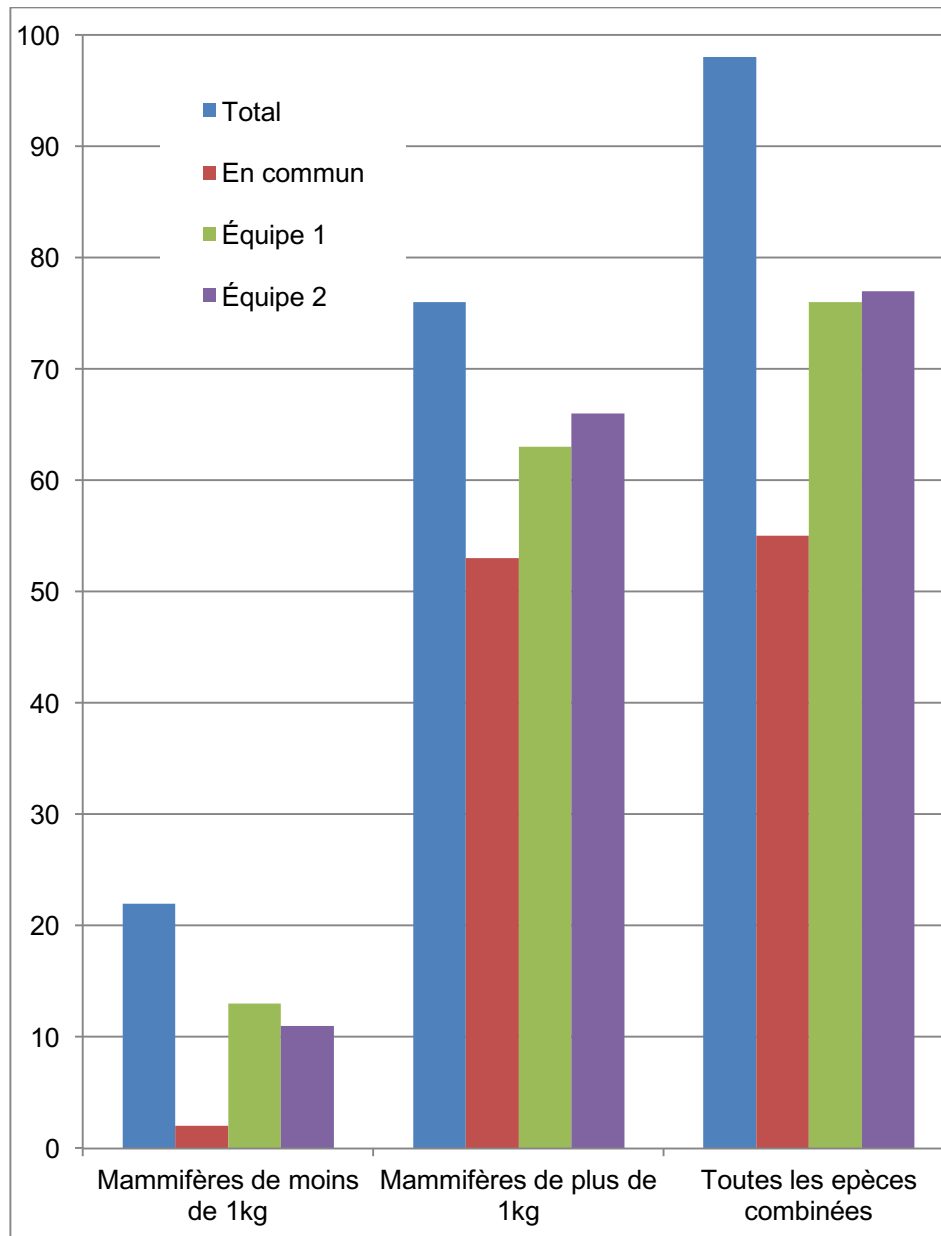
**Intervalles de confiance :** Nous avons calculé un intervalle de confiance basé sur une distribution binomiale plutôt qu'une distribution de Poisson ou une approximation normale, car le rapport  $N_{both}/N_2 > 0.1$  (selon Seber 1982 et Krebs 1999: 26-35). La probabilité de détection (0,719) pour toutes les espèces confondues était associée à un intervalle de confiance à 95 % qui fluctuait entre 0,6 et 0,82. Celui associé au nombre total d'individus trouvés morts sur la chaussée (106) variait de 93 à 128. Quant aux mammifères de taille moyenne, la probabilité de détection pouvait varier de 0,7 à 0,91. L'intervalle de confiance à 95 % associé au porc-épic atteignait à peu près les mêmes valeurs, c.-à-d. de 0,69 à 0,92. En ce qui concerne le nombre estimé d'animaux morts, il variait de 54 à 73. Par conséquent, ces estimations de la probabilité de détection de

même que du nombre total d'animaux tués sur les routes sont tout à fait réalistes pour les mammifères de taille moyenne.

En revanche, les intervalles de confiance à 95 % fluctuaient plus largement pour les petites espèces (< 1 kg). Ainsi, l'intervalle associé à la probabilité de détection de ces mammifères variait entre 0,025 et 0,49, alors que celui lié au nombre total d'individus trouvés morts se situait entre 24 à 492. Ce phénomène est attribuable au faible nombre de carcasses détectées de petites espèces lors de ce volet de l'étude. Des relevés plus nombreux à l'aide de deux équipes d'observateurs auraient amélioré la précision des estimés.

Pour la catégorie des mammifères de taille moyenne, au total 76 mortalités ont été observées. Cinquante-trois de ces mortalités ont été détectées par les deux équipes. La première équipe a observé 10 mortalités qui n'ont pas été détectées par la deuxième équipe tandis que la deuxième équipe a observé 13 mortalités qui n'ont pas été détectées par la première équipe (figure 4.8). Pour la catégorie des petits mammifères, au total 22 mortalités ont été observées. Seulement deux de ces mortalités ont été observées par les deux équipes. L'équipe 1 a observé 11 mortalités qui n'ont pas été détectées par la deuxième équipe tandis que cette dernière a observé 9 mortalités qui n'ont pas été détectées par la première équipe.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

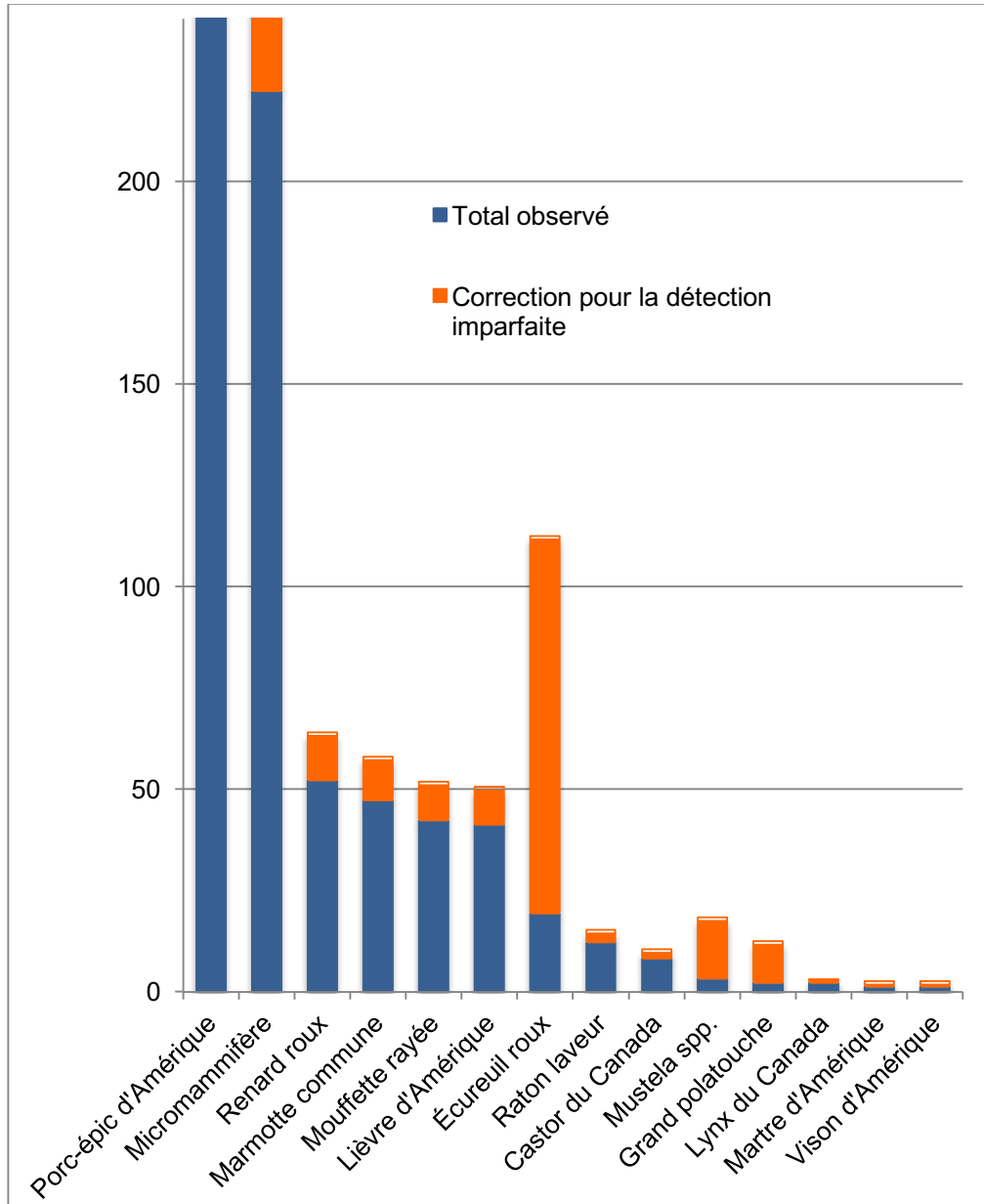


**Figure 4.8** Mortalités détectées lors des relevés avec deux équipes, divisées selon les catégories suivantes : 1) total (mortalités détectées au total); 2) en commun (mortalités détectées par les deux équipes); 3) équipe 1 (mortalités détectées seulement par l'équipe 1) et 4) équipe 2 (mortalités détectées seulement par l'équipe 2)

Le nombre total de carcasses de chaque espèce a donc été ajusté avec leur taux de probabilités de détection (Figure 4.9).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Porc-épic d'Am.: total obs. = 374 + corr. = 82  
 Micromamm. : total = 222 + corr. = 1084



**Figure 4.9** Nombre total trouvés morts par espèce et nombre total estimé en considérant la probabilité de détection (2012 à 2015). Cette dernière variable n'a pu être calculée pour les mammifères non identifiés

En ce qui a trait à la martre d'Amérique, nous avons obtenu dans la littérature différentes estimations de valeur moyenne de masse corporelle qui avoisinaient

le 1 kg, autant en dessous qu'au-dessus de cette valeur. Par exemple, elles pouvaient s'élever à 1250 g d'après les travaux de Smith et coll. (2003), entre 450 et 1 500 g pour les individus mâles et entre 425 et 950 g pour les femelles avec une moyenne de 832 g selon Prescott et Richard (2013), entre 500 et 1 200 g selon Eder (2002) et entre 400 et 1 400 g, selon Buskirk et Ruggiero (1994). Par conséquent, il est fort probable que la probabilité de détection soit moindre que 0,82, mais plus élevée que 0,17. Pour les besoins de notre étude, nous avons donc utilisé une valeur de 0,5 (la moyenne entre 0,17 et 0,82) pour la martre, tel que présenté à la figure 4.9. Cette valeur fut également utilisée pour le vison.

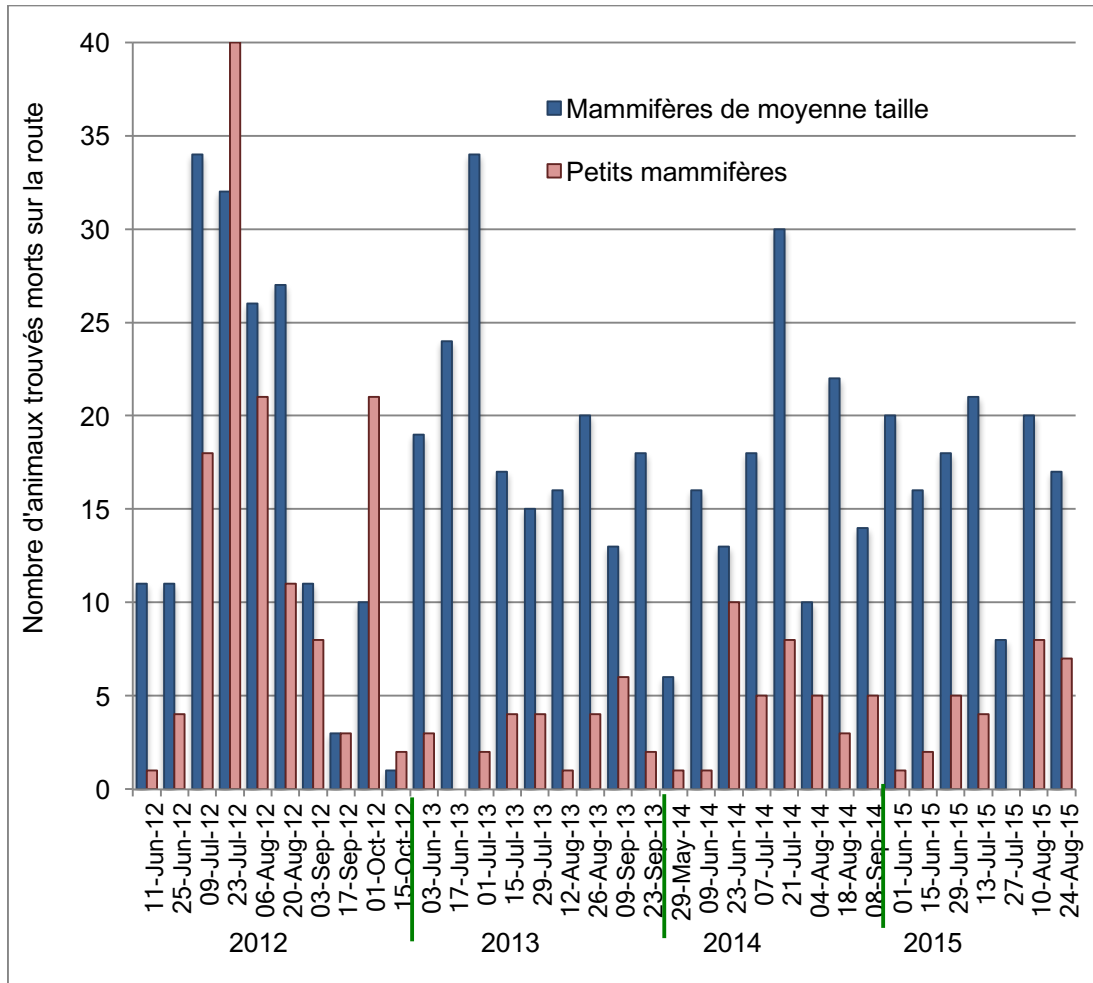
Aucun effet significatif de l'expérience de l'observateur (c.-à-d. le nombre de relevés qu'il a rempli avant de détecter une mortalité) n'a été détecté d'après un test exact unilatéral binomial. Ce constat touche les animaux de plus de 1 kg ( $p = 0.3$ ), ceux de moins de 1 kg ( $p = 0.3$ ) ainsi que toutes espèces confondues peu importe leur masse ( $p = 0.3$ ). Cependant, un effet significatif a été décelé entre la masse corporelle de l'espèce et la probabilité de détection (MLG,  $ddl = 96$ ,  $z = 4.01$ ,  $p < 0.0001$ , IC à 95 % [0,36, 0,98]).

#### **4.1.3 Tendance temporelle et comparaison entre les relevés effectués en matinée et ceux en soirée**

Le nombre d'animaux trouvés morts sur la route a légèrement diminué au cours des quatre ans de l'étude (Figure 4.10;  $p = 0,059$ ). Cependant, celui des petits mammifères a diminué beaucoup en fonction de l'année ( $p < 0,0001$ ).

Le nombre moyen d'animaux trouvés morts par jour s'élevait à 2,7 (ET :  $\pm 0,15$ ). Cette valeur était légèrement supérieure (par un facteur de 6 %) pour les relevés du matin que celle obtenue pour ceux réalisés en soirée, mais cette différence n'était pas statistiquement significative. Toutefois, lorsque les mammifères de moyenne et de petite taille ont fait l'objet d'une analyse distincte, des valeurs plus élevées ont été obtenues à différents moments de la journée. Dans le cas des mammifères de taille moyenne, le nombre moyen obtenu pour les relevés en soirée était supérieur de 37 % à celui obtenu pour les relevés en matinée.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.10** Nombres d’animaux trouvés morts pour les mammifères de taille moyenne et les petits mammifères entre 2012 et 2015. Sur l’axe des abscisses, les résultats sont regroupés selon des périodes de 10 jours, les dates de début pour chacune d’elles sont indiquées

Quant au dénombrement des mortalités pour les petits mammifères, les valeurs obtenues étaient 450 % plus élevées en matinée que celles en soirée. Cependant, ce résultat apparaît quelque peu différent lorsque les premières matinées et soirées étaient omises (Figure 4.11). En effet, les nombres d’animaux trouvés morts durant ces périodes différaient des autres. En ce sens, le nombre moyen associé à ces matinées était supérieur pour les premiers moments comparés aux suivants par un facteur de 48 % en ce qui regarde les mammifères de taille moyenne, et 19 % pour les petits mammifères. Quant aux premières soirées, ce nombre se trouvait presque deux fois plus élevé par

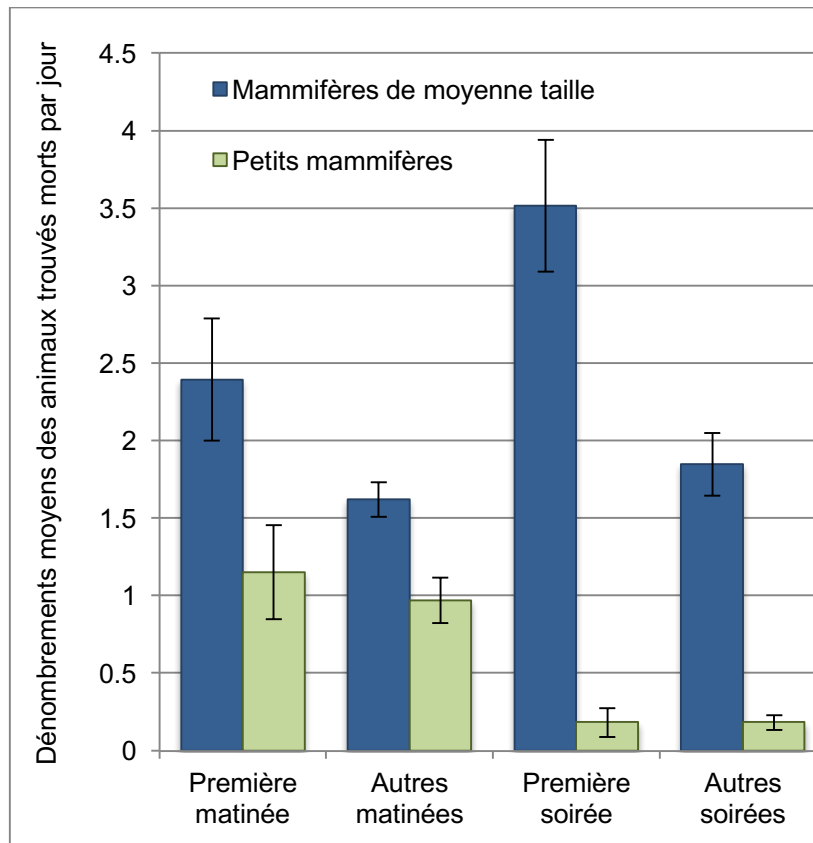


rapport à celui associé aux autres soirs (90 % pour les mammifères de moyenne taille et 92 % pour les petits mammifères).

Cette tendance à de plus nombreux dénombrements lors des relevés effectués les premières soirées et les premières matinées s'appliquait également à toutes les espèces sauf quelques-unes, rarement trouvées. En fait leurs valeurs étaient trop faibles afin d'établir une comparaison fiable, entre autres pour les espèces comme la martre d'Amérique, le vison d'Amérique et le grand polatouche.

À première vue, toutefois, les différences entre les autres matinées et soirées semblaient les plus intéressantes (Tableau 4.6). Pour les mammifères de taille moyenne, le nombre moyen associé aux soirées se trouve plus élevé de 14 % par rapport aux matinées alors qu'il s'élevait à 37 %. Quant aux petits mammifères, ils affichent des valeurs pour la matinée 380 % supérieures à celles calculés pour les relevés en soirée (comparativement à 450 % de plus pour l'ensemble des données). Ainsi, en excluant les données recueillies lors des premières matinées et des premières soirées, le nombre d'animaux trouvés morts est 28 % plus élevé en matinée par rapport à la soirée (comparativement à 6 % en incluant l'ensemble des données).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.11** Comparaison des nombres moyens par jour des animaux trouvés morts (ils se distinguent ainsi : la première matinée, les autres matinées, la première soirée de même que les autres soirées), pour les mammifères de taille moyenne et les petits mammifères (les résultats selon l'espèce sont présentés au tableau 4.6)

**Tableau 4.6** Comparaison entre les nombres par jour des animaux trouvés morts, autant en matinée qu'en soirée, pour 17 espèces (ou groupes) de mammifères de moyenne et de petite taille. Les premières matinées et soirées sont prises en compte distinctement. Après avoir présenté les groupes, les espèces sont ordonnées par valeurs décroissantes de masse corporelle. ( $\pm$  ET = erreur-type; PM = première matinée, AM = autres matinées, PS = première soirée, AS = autres soirées; N = nocturne (actif surtout la nuit), D = diurne (actif surtout le jour), CR = crépusculaire (actif dans la pénombre), CA = cathéméral (actif autant le jour que la nuit); annotation et définition des seuils en ce qui regarde la significativité : 0 '\*\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1; n.s. = non significatif; emploi d'un test *U* de Mann-Whitney, uniquement entre AM et AS)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Espèces (ou groupes)	Période d'activité comportementale	Moment de la journée où le relevé était effectué				Valeur p	Classement en fonction des variables AM et AS
		PM	AM	PS	AS		
Toutes les espèces de mammifères confondues	–	3,5 (± 0,5)	2,6 (± 0,2)	3,7 (± 0,5)	2,0 (± 0,2)	0,23	AM > AS : n.s.
Toutes les espèces de mammifères de taille moyenne	–	2,4 (± 0,4)	1,6 (± 0,1)	3,5 (± 0,4)	1,85 (± 0,2)	0,33	AM < AS : n.s.
Toutes les espèces de mammifères de petite taille	–	1,15 (± 0,31)	0,97 (± 0,15)	0,18 (± 0,09)	0,18 (± 0,05)	6,3e-5***	AM > AS : ***
Castor du Canada	N <sup>b</sup>	0,0	0,024 (± 0,01)	0,06 (± 0,04)	0,015 (± 0,015)	0,68	AM ≈ AS : n.s.
Lynx du Canada	Surtout N	0,03 (± 0,03)	0,006 (± 0,006)	0,0	0,0	Nombres trop faibles pour permettre l'emploi d'un test statistique	
Raton laveur	CR <sup>b</sup>	0,03 (± 0,03)	0,05 (± 0,02)	0,06 (± 0,04)	0,0	0,072	AM > AS : .
Porc-épic d'Amérique	Surtout N en été, <sup>a</sup> D <sup>b</sup>	1,6 (± 0,3)	0,93 (± 0,09)	2,1 (± 0,32)	1,12 (± 0,17)	0,38	AM < AS : n.s.
Renard roux	N <sup>a,b</sup>	0,12 (± 0,06)	0,09 (± 0,02)	0,45 (± 0,12)	0,17 (± 0,06)	0,50	AM < AS : n.s.
Marmotte commune	D <sup>b</sup>	0,12 (± 0,06)	0,08 (± 0,02)	0,39 (± 0,14)	0,23 (± 0,07)	0,052	AM < AS : .
Mouffette rayée	N <sup>a,b</sup>	0,21 (± 0,09)	0,15 (± 0,03)	0,12 (± 0,09)	0,09 (± 0,04)	0,56	AM > AS : n.s.
Lièvre d'Amérique	N <sup>b</sup>	0,09 (± 0,05)	0,14 (± 0,03)	0,15 (± 0,06)	0,11 (± 0,04)	0,65	AM ≈ AS : n.s.
Martre d'Amérique	CA <sup>b</sup>	0,0	0,006 (± 0,006)	0,0	0,0	Nombres trop faibles pour permettre l'emploi d'un test statistique	

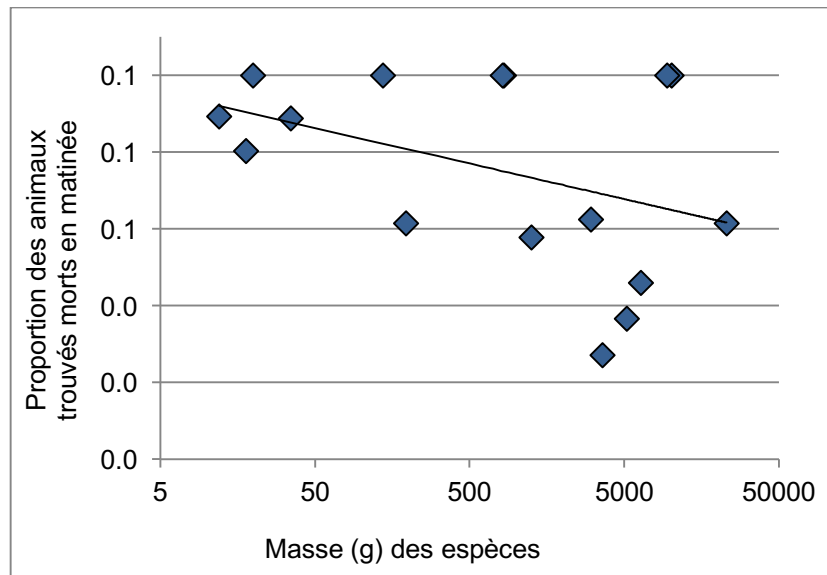
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Vison d'Amérique	N <sup>b</sup>	0,0	0,006 (± 0,006)	0,0	0,0	Nombres trop faibles pour permettre l'emploi d'un test statistique	
Écureuil roux	D <sup>b</sup>	0,03 (± 0,03)	0,07 (± 0,02)	0,03 (± 0,03)	0,045 (± 0,026)	0,55	AM > AS : n.s.
Mammifère non identifié	–	0,18 (± 0,09)	0,14 (± 0,03)	0,18 (± 0,08)	0,12 (± 0,04)	0,98	AM ≈ AS : n.s.
Grand polatouche	N	0,0	0,012 (± 0,008)	0,0	0,0	Nombres trop faibles pour permettre l'emploi d'un test statistique	
Espèces de souris campagnol	–	0,121 (± 0,09)	0,118 (± 0,03)	0,03 (± 0,03)	0,015 (± 0,015)	0,054 .	AM > AS : .
Espèces de souris	–	0,21 (± 0,095)	0,19 (± 0,045)	0,0	0,0	0,003 **	AM > AS : **
Musaraignes	–	0,24 (± 0,1)	0,12 (± 0,04)	0,03 (± 0,03)	0,015 (± 0,015)	0,054 .	AM > AS : .
Micromammifères	–	0,55 (± 0,13)	0,43 (± 0,07)	0,09 (± 0,05)	0,11 (± 0,04)	0,003 **	AM > AS : **

<sup>a</sup> Tirées de : Eder (2002)

<sup>b</sup> Tirées de : Naughton (2012)

La proportion des animaux trouvés morts en matinée diminuait avec l'augmentation de la masse (Figure 4.12). Alors que certaines espèces étaient toujours, ou presque, observées en matinée, quelques mammifères de taille moyenne l'étaient davantage le soir. Cette relation indique également que les petites espèces qui affichaient une courte durée de persistance des carcasses étaient rarement ou pas repérées sur la chaussée lors de la réalisation des relevés de mortalité en soirée. Les trois espèces qui présentent la plus faible proportion de détection en matinée incluent la marmotte commune (27 %), le renard roux (37 %) ainsi que le porc-épic d'Amérique (46 %), ce qui indique que les relevés en soirée sont plus adaptés que les relevés matinaux pour effectuer le suivi de mortalité de ces trois espèces.



**Figure 4.12** Relation entre la masse et la proportion des animaux trouvés en matinée sur la chaussée en regard du nombre total d'animaux morts détectés en matinée et en soirée (dans tous les cas, par jour de réalisation des relevés). Cette fois-ci, l'analyse est fondée uniquement sur les autres matinées et soirées (c.-à-d. que les premiers matins et soirs sont exclus) ( $p = 0,12$ ,  $R^2 = 0,16$ ). (Le nombre inégal des journées qui correspondent aux AM et aux AS était pris en compte. Une échelle logarithmique a été utilisée pour la masse corporelle sur l'axe des x.)

## 4.2 Objectif 2 – L'efficacité des passages fauniques

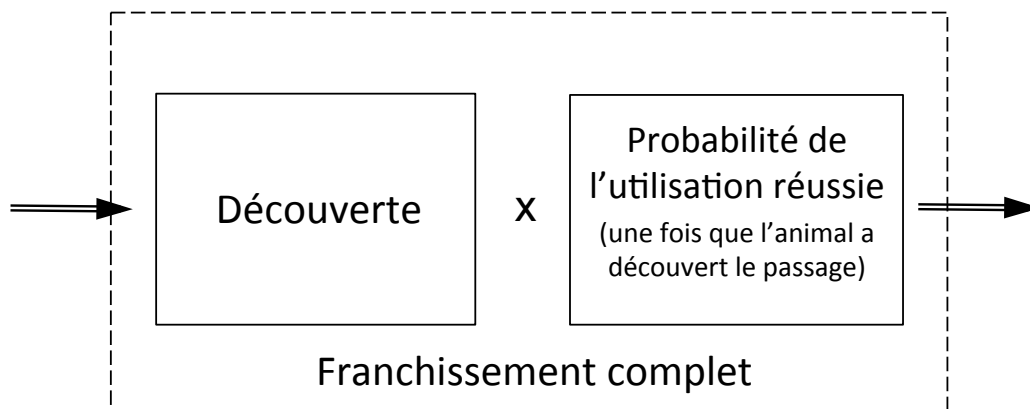
Note : Cette section s'inspire du mémoire (M. Sc.) de A. R. Martinig (2015) et de l'article connexe évalué par les pairs (Martinig et Bélanger-Smith 2016)

### 4.2.1 Nombre de découvertes et des franchissements complets

Pour procéder à l'analyse des données, trois types de déplacements étaient distingués : incursion (ou exploration) (E), traversée complète ou franchissement complet (F) et « indéterminé » (I) lorsque l'analyse des photos n'a pu déterminer si l'animal se déplaçait d'une extrémité à l'autre du passage ou il se retournait pour ensuite quitter le site par la même entrée précédemment utilisée. Le nombre de découvertes (D) ou de visites correspond à la somme de l'ensemble des trois situations, car l'animal aura pénétré suffisamment loin à l'intérieur d'un passage faunique pour que son déplacement soit capté par un appareil photo ( $D = E + F + I$ ).

Les traverses complètes peuvent être décomposées en deux étapes (Figure 4.13). Dans un premier temps, l'animal doit découvrir la présence d'un passage faunique. La fréquence de cette étape est mesurée par le nombre de

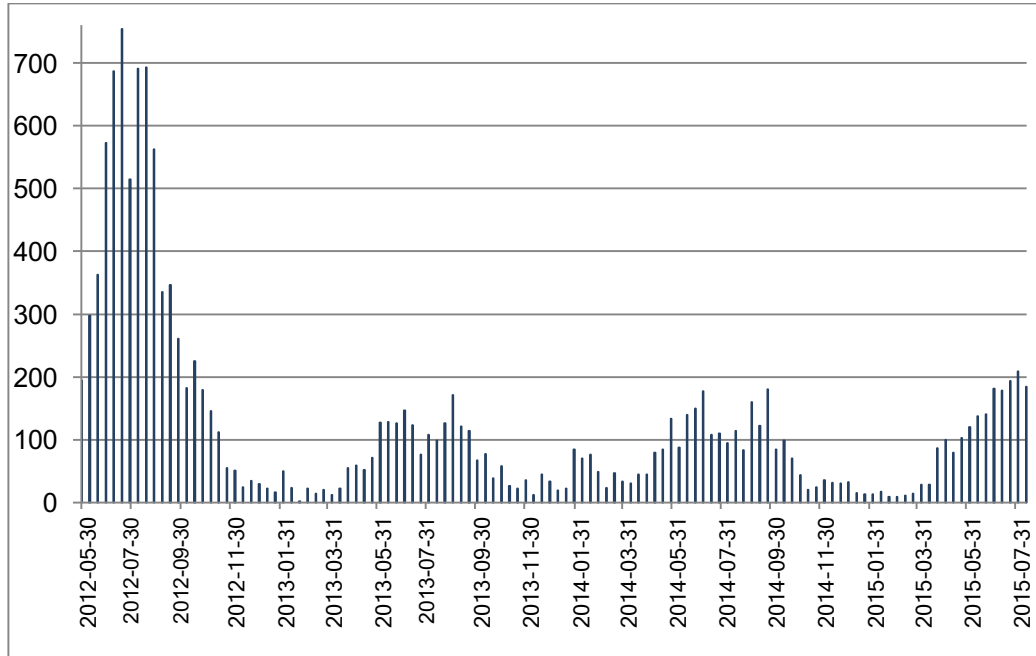
découvertes du passage ( $D$ ). Dans un second temps, l'animal doit traverser avec succès le passage. Dans ce cas, la fréquence de cet événement est mesuré par la probabilité qu'un animal traverse le passage une fois qu'il a découvert la présence du passage faunique en question. La valeur qui équivaut à la probabilité de la réussite de cette action fluctue entre 0 (l'animal n'a jamais franchi le passage au complet après l'avoir découvert) et 1 (l'animal a toujours franchi le passage au complet après l'avoir découvert). La probabilité de l'utilisation peut être estimée à l'aide du ratio du nombre de franchissements complets sur celui des découvertes (pour une espèce ou un groupe en particulier, pour un seul passage faunique ou bien encore selon le type de passage). L'analyse distincte de ces étapes est utile pour deux raisons. Premièrement, la réalisation de ces étapes est influencée par des variables explicatives qui peuvent agir de manière différente sur chacune d'entre-elle. Des analyses distinctes permettent alors d'identifier les différences. Deuxièmement, une somme plus grande d'informations est recueillie et peut servir dans les analyses statistiques, permettant ainsi de réaliser des inférences plus précises.



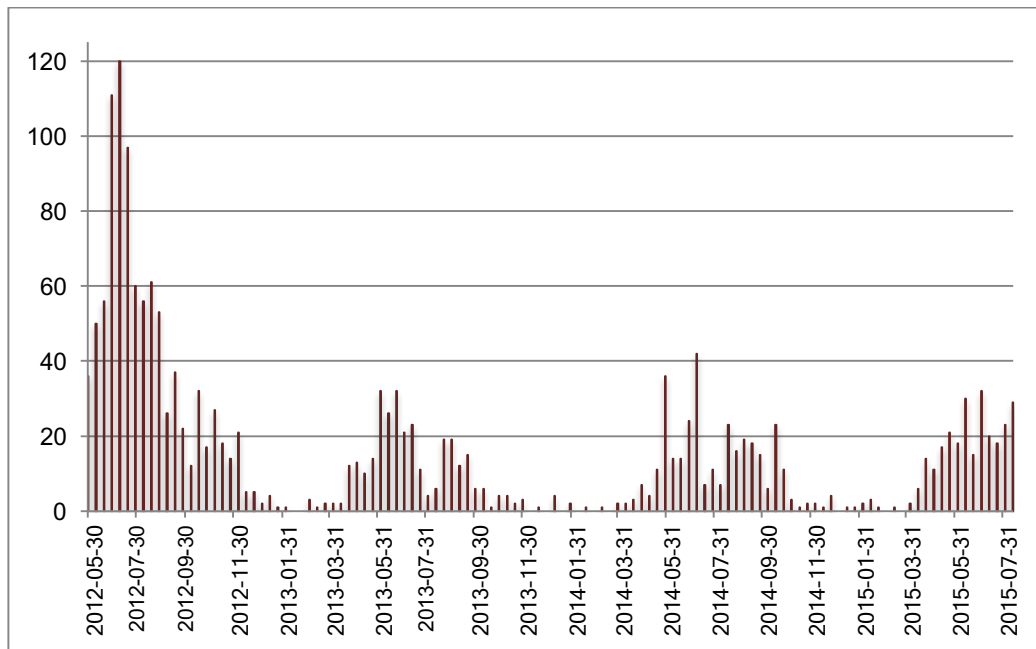
**Figure 4.13** Représentation schématique de la relation logique qui existe entre les découvertes (visites), les utilisations réussies et les franchissements complets. La valeur qui équivaut à la probabilité de la réussite de cette action fluctue entre 0 et 1.

De la fin mai 2012 à la fin août 2015, le nombre total de photos sauvegardées s'élevait à 227 220. Parmi celles-ci, 97 889 (43 %) révélaient la présence de mammifères. Elles documentaient ainsi 14 344 visites de mammifères dans les passages fauniques considérées comme indépendantes l'une de l'autre. De ces visites, 1 851 (13 %) représentaient des franchissements complets, 28 % des explorations et 59 % des déplacements indéterminés.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



(a) Découvertes (visites)



(b) Franchissements complets

**Figure 4.14** Nombre total de découvertes (visites) (a) et de franchissements complets (b) signalés à l'intérieur des passages fauniques entre 2012 et 2015 (regroupés en périodes de 10 jours; pour plusieurs d'entre elles, les dates de début sont indiquées; sans km 138)

L'interprétation des prochains résultats doit tenir pour acquis que les nombres réfèrent uniquement à des événements documentés. Certaines des photos dont le déplacement demeurerait indéterminé pouvaient être en réalité des franchissements complets. De même, des traversées ou des explorations supplémentaires peuvent ne pas avoir été captées à l'aide des caméras de marque Reconyx puisque la probabilité de détection de ces appareils demeure inférieure à 100 %. En effet, une étude réalisée en France a démontré que les caméras Reconyx HC600 détectent seulement 53% des petits mammifères (campagnols, souris et musaraignes) et 83% des mammifères de taille moyenne (renards, blaireaux et autres mustélidés) comparativement à des enregistrements vidéos en continu (Jumeau et Handrich, soumis). C'est également possible que les animaux soient plus indécis et prudents lorsqu'ils entrent dans un passage faunique. Ils peuvent se déplacer plus lentement et être photographiés plus souvent. Par contre, lorsqu'ils quittent le passage, ils peuvent se déplacer beaucoup plus rapidement et faire en sorte que le déclenchement de prises de photos ne se fait pas ou se réalise en retard lorsque l'animal est déjà sorti de la zone de capture de la prise de vue. Les nombres de franchissements complets et d'incursions représentent en conséquence des valeurs minimales de véritables événements de ce type. Lorsqu'aucune traversée réussie n'est documentée par exemple pour une espèce et un passage faunique bien précis, cela n'indique pas nécessairement qu'un franchissement complet n'a jamais été réalisé par cette dernière au cours de la période d'étude.

Le nombre total de visites et de franchissements complets était particulièrement élevé entre juin et septembre. À l'opposé, ils étaient plutôt faibles pour la période de décembre à mars. Les nombres observés étaient maximaux en 2012, et nettement moindres au cours des années suivantes.

Tous ces passages étaient visités à la fois par les mammifères de petite et de moyenne taille. Parmi les passages fauniques qui affichaient pour toutes espèces confondues un nombre élevé de visites (découvertes), notons les passages aménagés aux kms suivants : 81 (PTBois), 107 (PS), 124 (PS), 133 (PS), 143,5 (PTBois), 125 (PS), 84 (PS) et 89 (PTBois) (Figure 4.15). Pour cinq de ces passages, les visites effectuées spécifiquement par des mammifères de moyenne taille étaient également les plus fréquentes (km 124, 133, 143,5, 81 et 125). Nous avons testé jusqu'à quel point celles-ci corrôlaient avec le nombre de petits mammifères (Figure 4.16). La relation était positive (légèrement significative d'un point de vue statistique,  $p = 0,052$ ), indiquant par le fait-même que certains passages fauniques étaient visités en moyenne plus souvent que d'autres par les petits mammifères et que cette relation demeurerait aussi vraie pour ceux de taille moyenne.

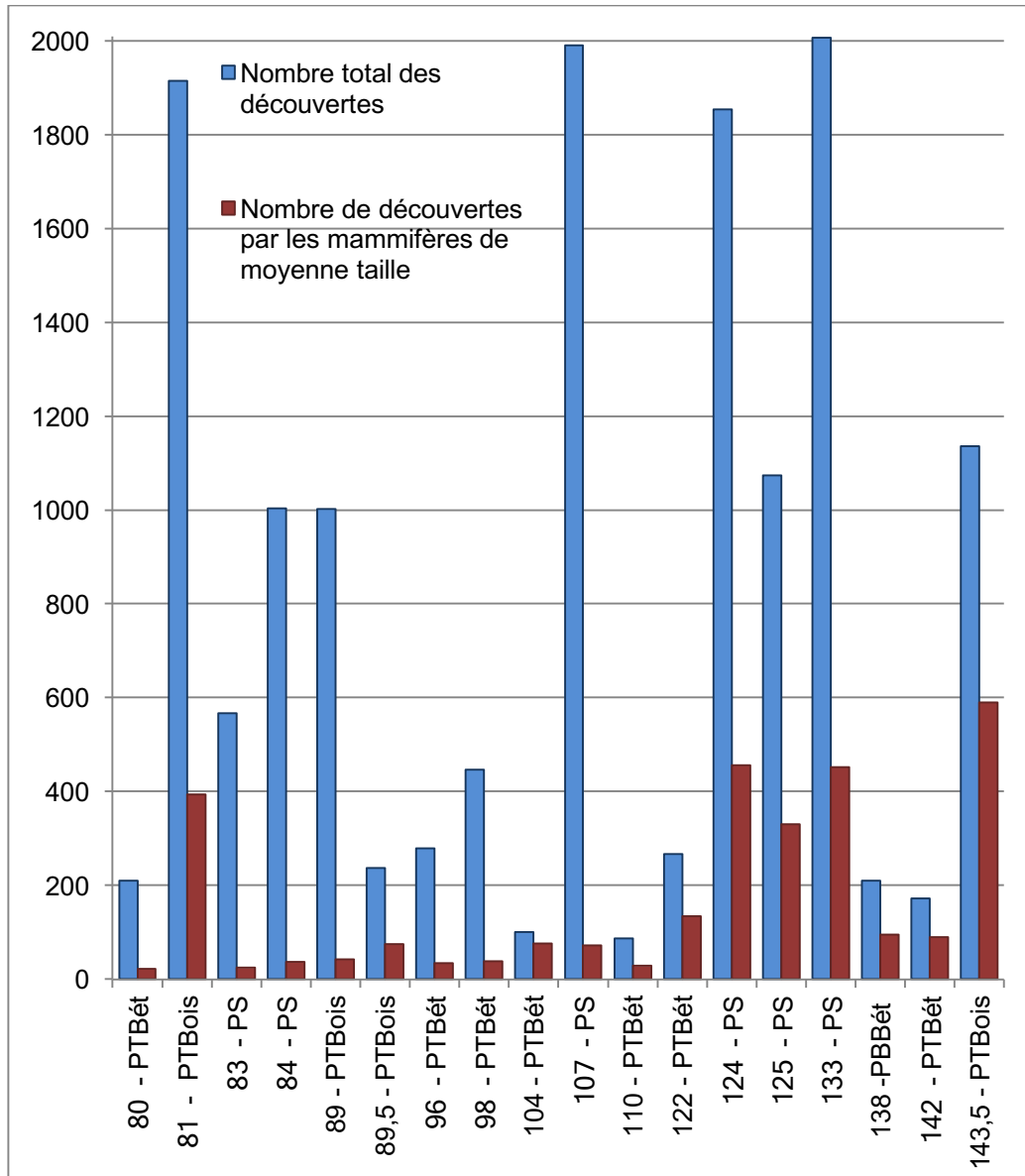


Par contre, les franchissements complets les plus fréquents furent observés aux passages aménagés aux kms 124 (PS), 133 (PS), 143,5 (PTBois), 81 (PTBois), 125 (PS) et 84 (PS) (Figure 4.17). Il est à noter que des franchissements complets ont été documentés pour tous les passages fauniques, à la fois par des mammifères de moyenne et de petite taille. Cependant, cinq passages fauniques ont fait l'objet d'un faible nombre de franchissements complets par des mammifères de taille moyenne (km 96 : 1 seul animal, ainsi que 9 petits mammifères) et de petite taille (kms 104 et 110 : 1 seul animal dans chaque cas; aux kms 89,5 et 142 : 2 animaux dans chaque cas, en plus de de 9 à 30 mammifères de taille moyenne). Le véritable décompte des franchissements complets peut être beaucoup plus élevé.

La relation entre le nombre de franchissements complets effectués par les mammifères de moyenne et de petite taille (Figure 4.18) restait également positive (légèrement significative d'un point de vue statistique,  $p = 0,064$ ). Celle-ci semble indiquer que certains passages fauniques étaient utilisés en moyenne plus souvent pour des franchissements complets que d'autres par les petits mammifères. Ce constat était également valide pour les mammifères de taille moyenne.

Les cinq passages les plus utilisés en ce qui a trait au nombre de visites et à la réalisation des franchissements complets étaient les suivants : km 124 (PS), km 133 (PS), km 143,5 (PTBois), km 81 (PTBois) ainsi que km 84 (PS).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.15** Nombre total de découvertes (visites) documentées de 2012 à 2015 pour chaque passage faunique pour tous les mammifères confondus (en bleu) et uniquement pour les mammifères de taille moyenne (en rouge foncé). (Les dénombrements sont également présentés au tableau 5.12.) (PS = ponceau sec; PTBois = ponceau avec tablette de bois installée en porte-à-faux; PTBét = ponceau avec pied sec de type tablette de béton; PBBét = ponceau avec une banquette de béton)

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

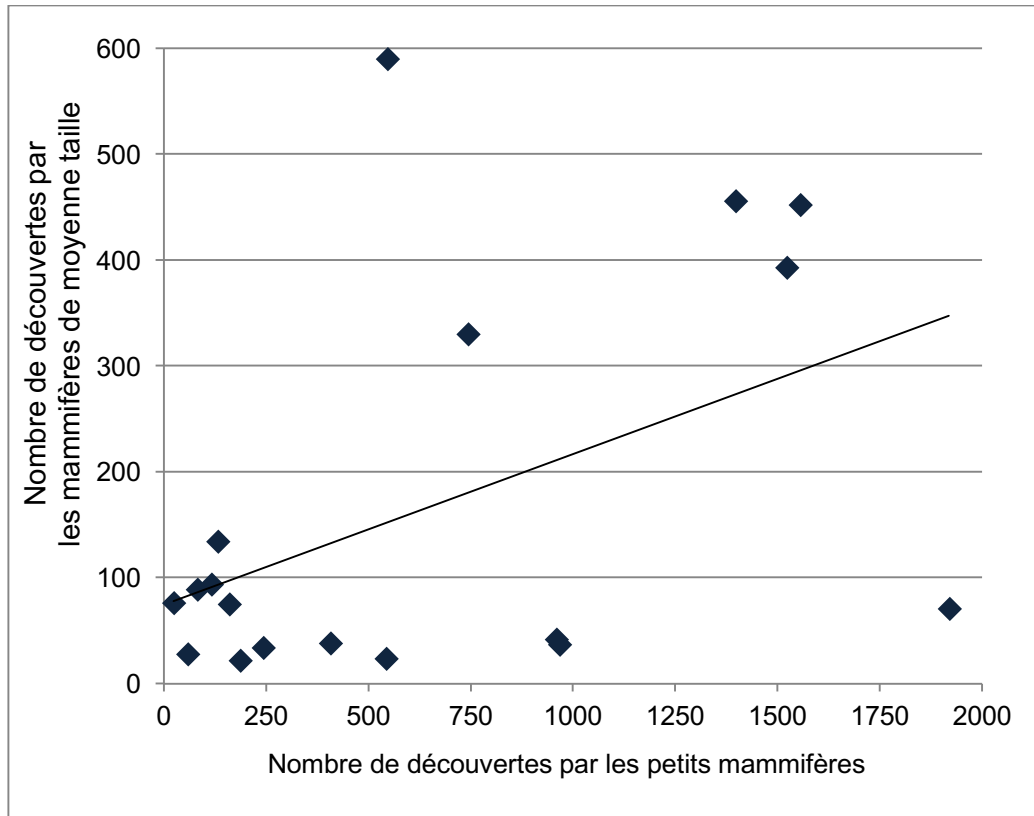
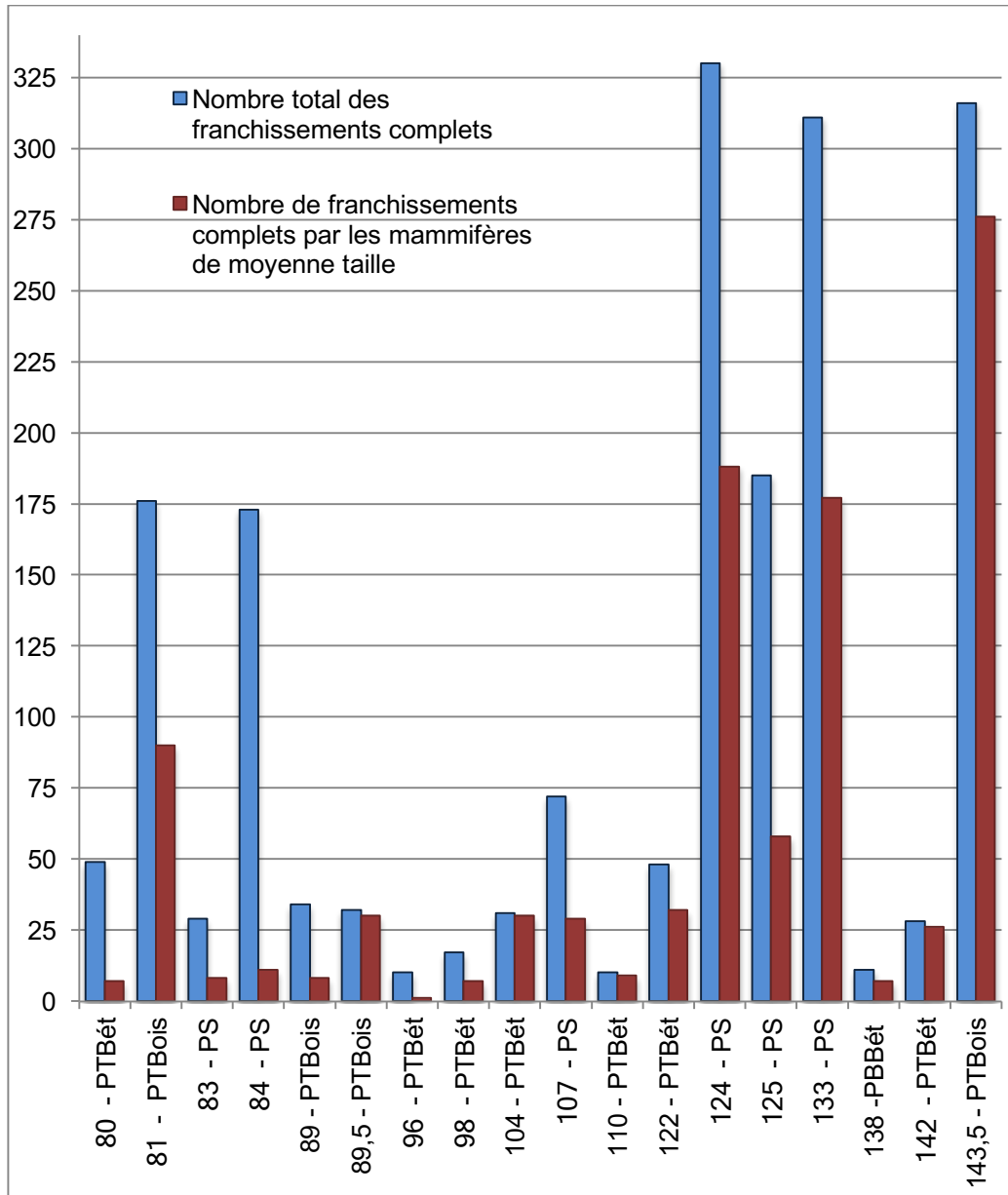


Figure 4.16 Relation entre le nombre de découvertes (visites) à chaque passage faunique pour les petits mammifères de même que pour ceux de moyenne taille ( $p = 0,052$ ,  $R^2 = 0,22$ )

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.17** Nombre total de franchissements complets documentés et observés de 2012 à 2015 pour chaque passage faunique pour tous les mammifères confondus (en bleu) et uniquement pour les mammifères de taille moyenne (en rouge foncé). (Ces dénombrements sont également présentés au tableau 5.11). (PS = ponceau sec; PTBois = ponceau avec tablette de bois installée en porte-à-faux; PTBét = ponceau avec pied sec de type tablette de béton; PBBét = ponceau avec une banquette de béton)

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

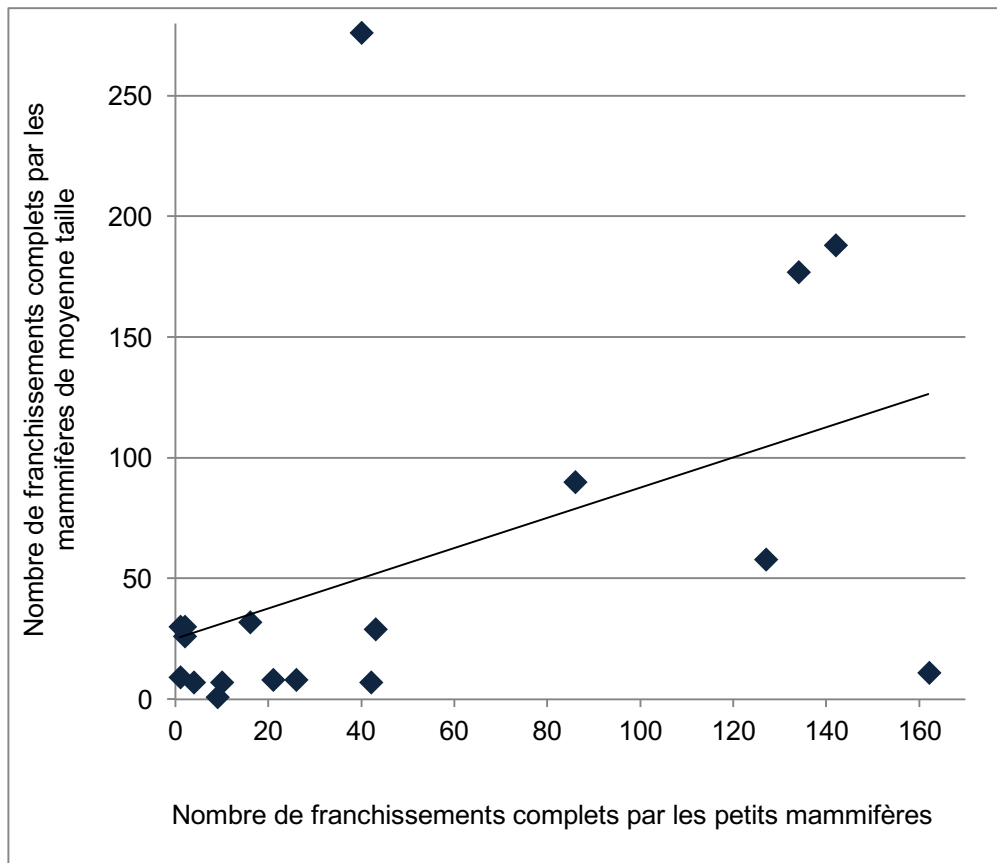
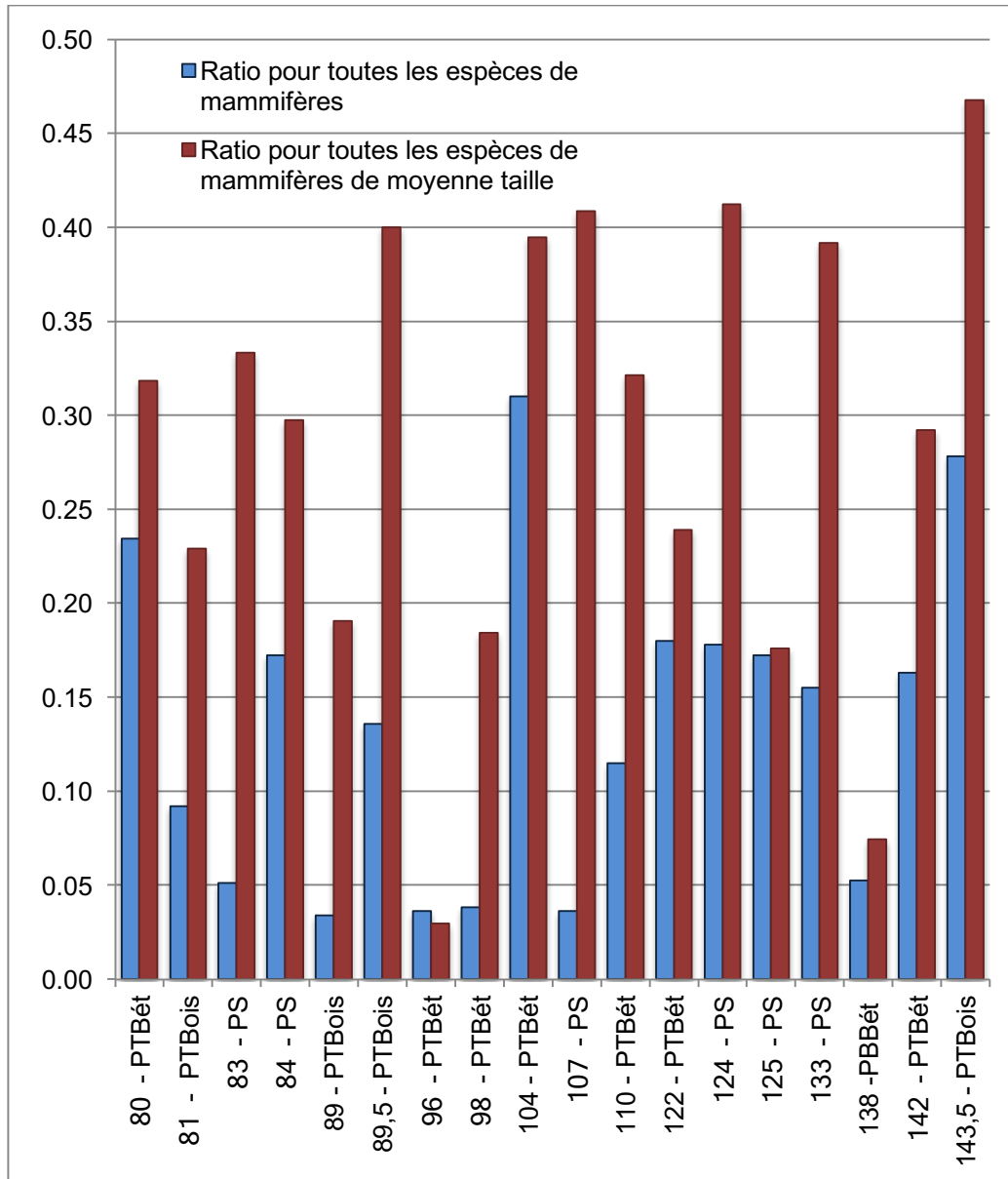


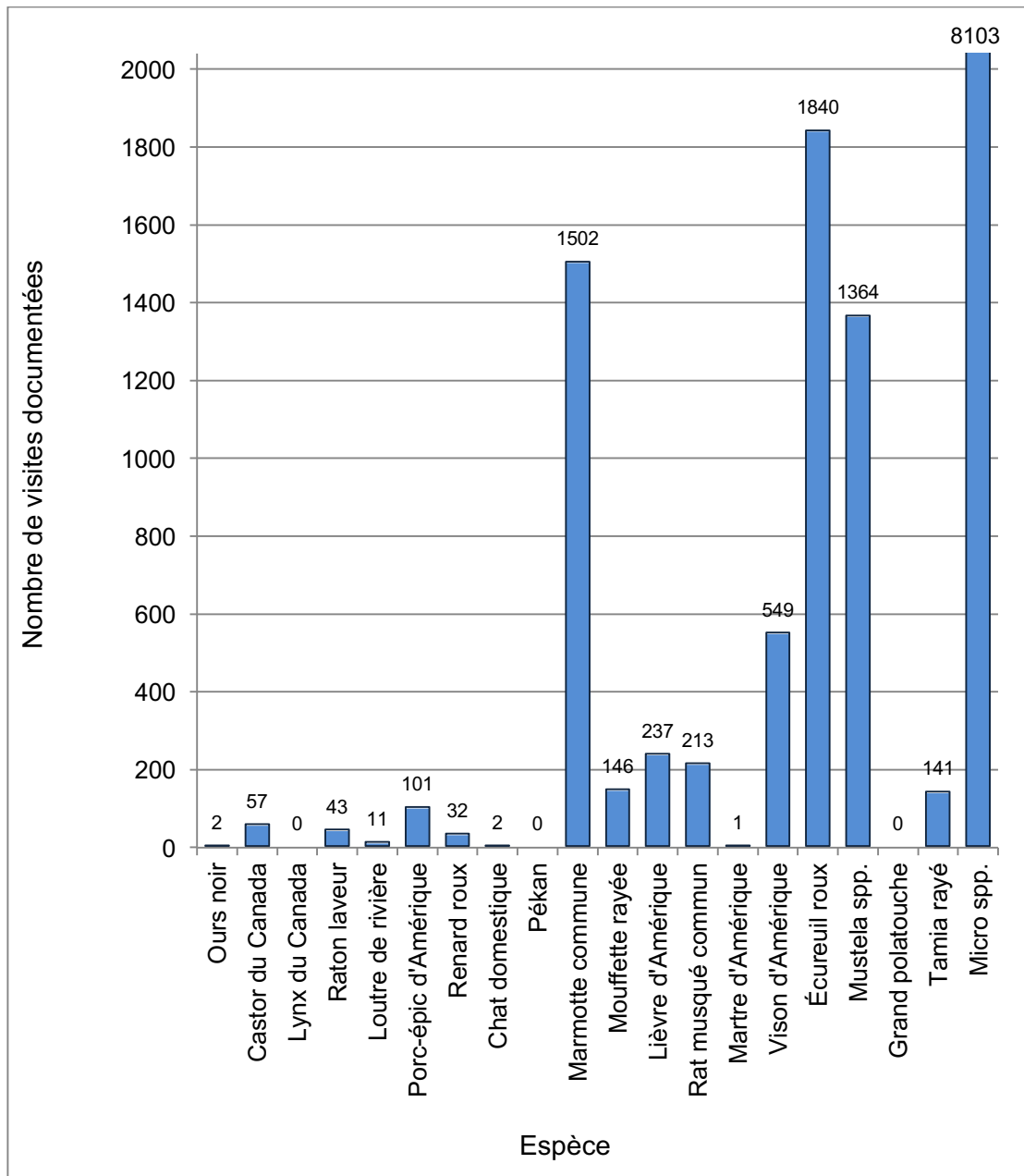
Figure 4.18 Relation entre le nombre de franchissements complets à chaque passage faunique pour les petits mammifères de même que pour ceux de taille moyenne ( $p = 0,064$ ,  $R^2 = 0,20$ )

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.19** Ratio du nombre de franchissements complets observés sur le nombre total de visites observées pour chaque passage faunique pour tous les mammifères confondus (en bleu) et uniquement pour les mammifères de taille moyenne (en rouge foncé). Pour la plupart de ces passages, les ratios sont nettement plus élevés pour les mammifères de taille moyenne que pour l'autre groupe. (PS = ponceau sec; PTBois = ponceau avec tablette de bois installée en porte-à-faux; PTBét = ponceau avec pied sec de type tablette de béton; PBBét = ponceau avec une banquette de béton)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.20** Nombre total de découvertes (visites) documentées de 2012 à 2015 dans les passages fauniques selon chaque espèce (ou groupe). Les espèces sont ordonnées par valeur décroissante de masse corporelle (de la plus pesante à la plus légère) (sans km 138)

Les micromammifères constituaient 56,5 % de toutes les visites (8 103 sur un total de 14 344) (Figure 4.20). Les écureuils roux comptaient pour 12,8 %, les marmottes 10,5 %, les espèces de mustélinés 9,5 % et les visons 3,8 %.

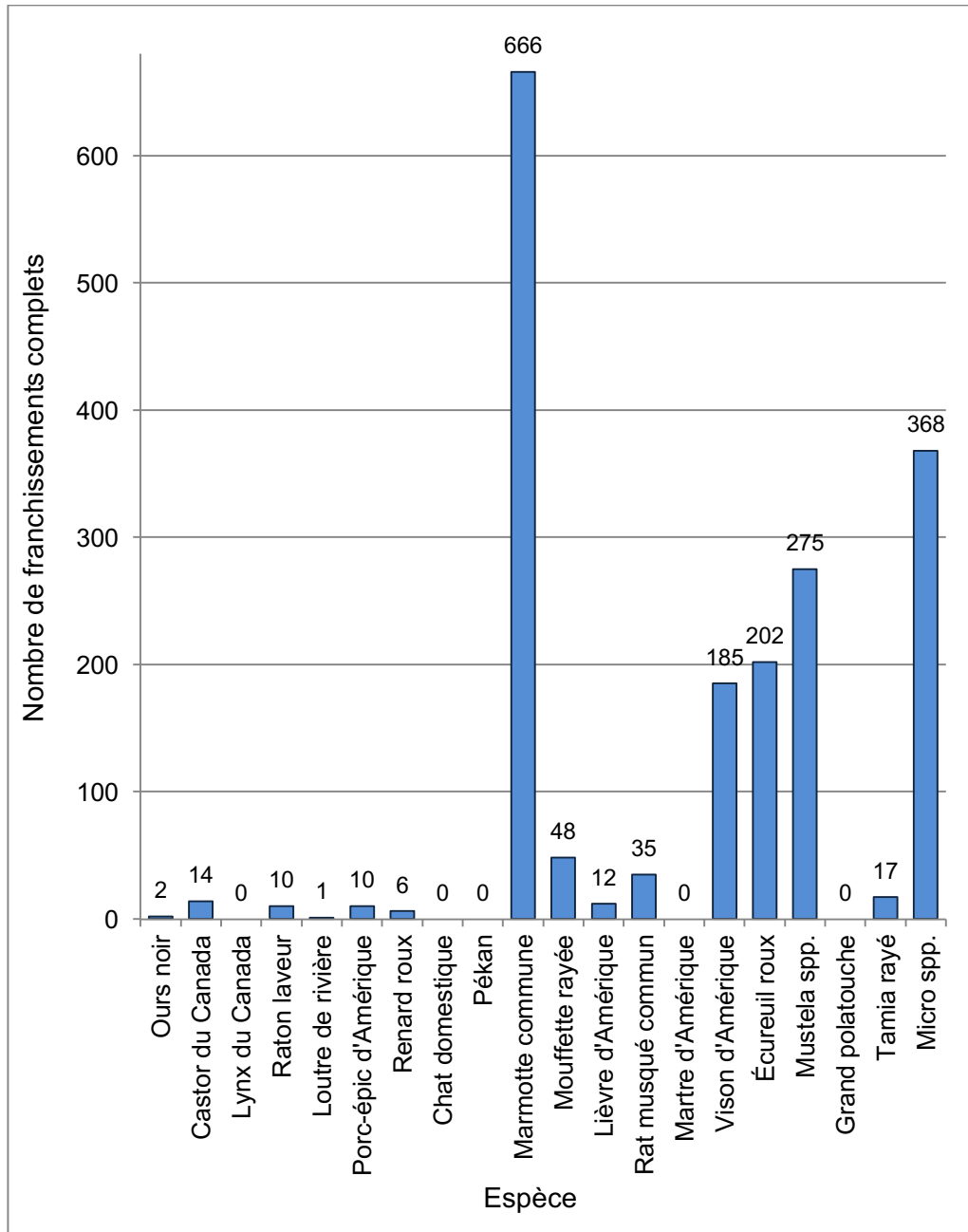
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Les photos (2,6 %) pour lesquelles aucune espèce n'a pu être identifiée ne font pas partie de l'analyse.

Les caméras installées à l'intérieur des passages fauniques le long de la route 175 n'ont capté aucune martre en train de réaliser un franchissement complet. Seul un individu a entrepris une exploration (c.-à-d. qu'il a pénétré puis s'est retourné afin de quitter le passage) le 29 août 2012 à l'entrée est du passage localisé au km 124. Par contre, le **vison d'Amérique** a effectué 185 traversées complètes (Figure 4.21).

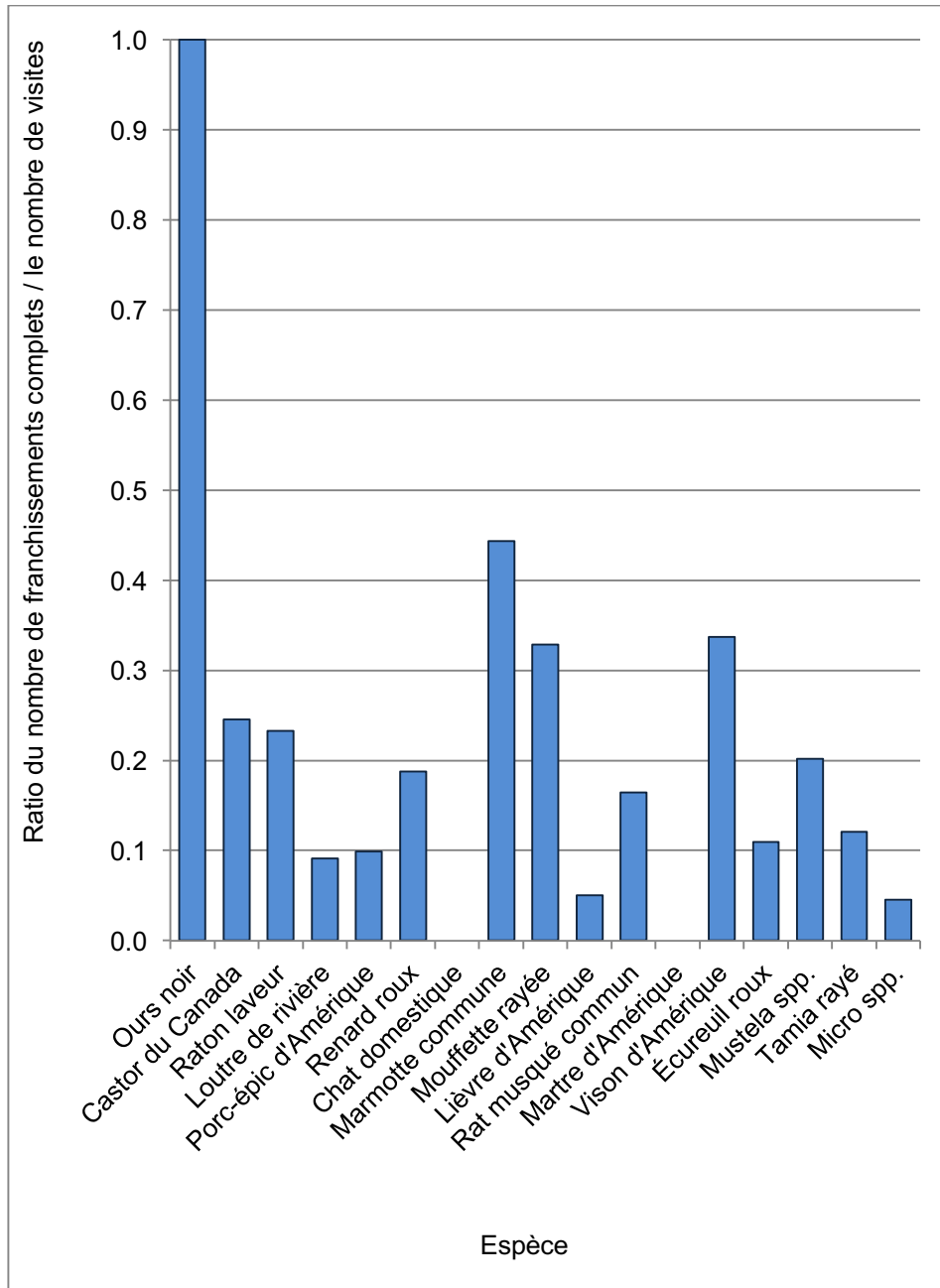


**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.21** Nombre total de franchissements complets documentés de 2012 à 2015 dans les passages fauniques selon chaque espèce (ou groupe). Les espèces sont ordonnées par valeur décroissante de masse corporelle (de la plus pesante à la plus légère) (sans km 138)

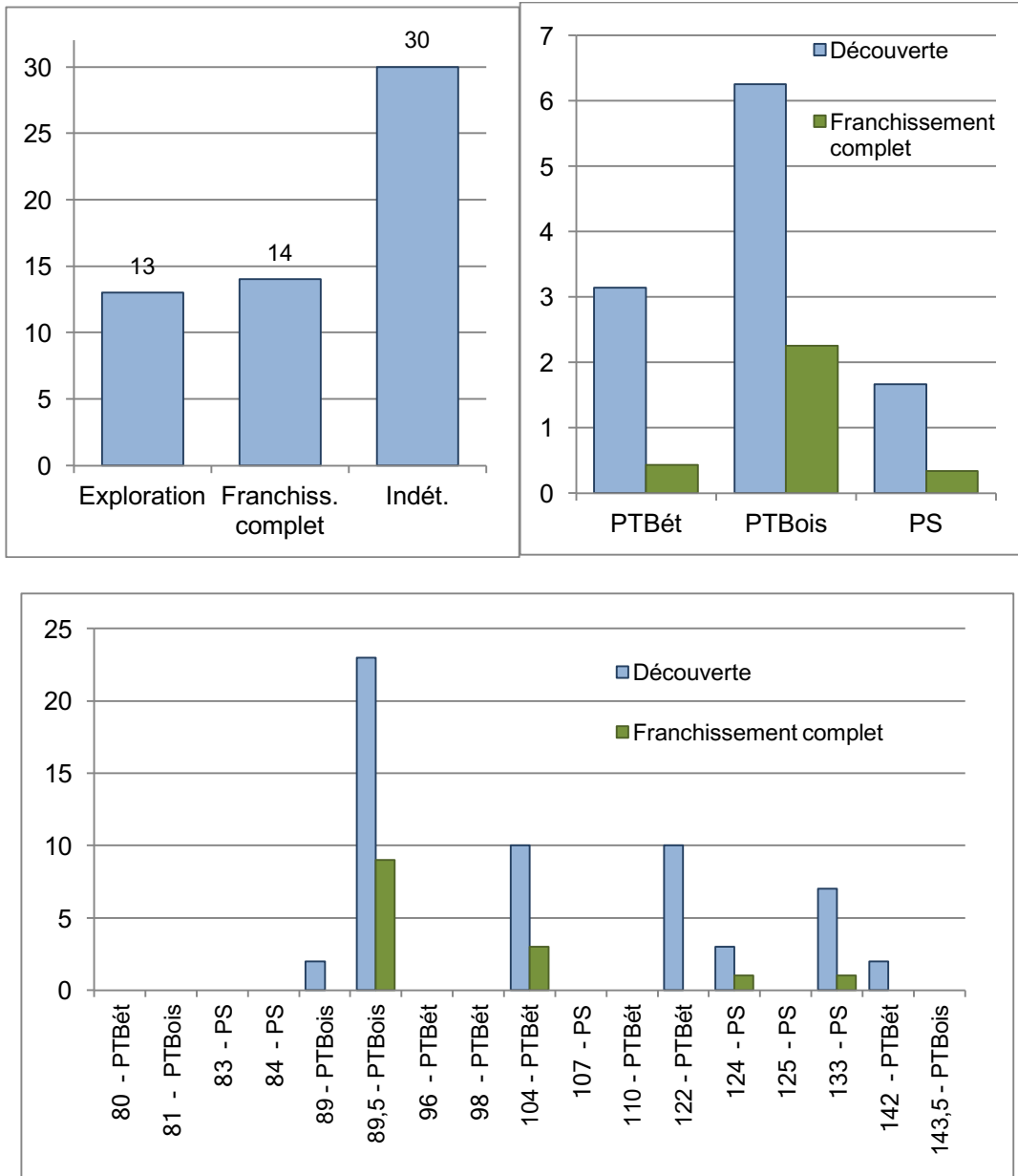
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.22** Ratio du nombre de franchissements complets observés sur le nombre total de visites documentées de 2012 à 2015 selon chaque espèce (ou groupe). Les espèces sont ordonnées par valeur décroissante de masse corporelle (de la plus pesante à la plus légère) (sans km 138)

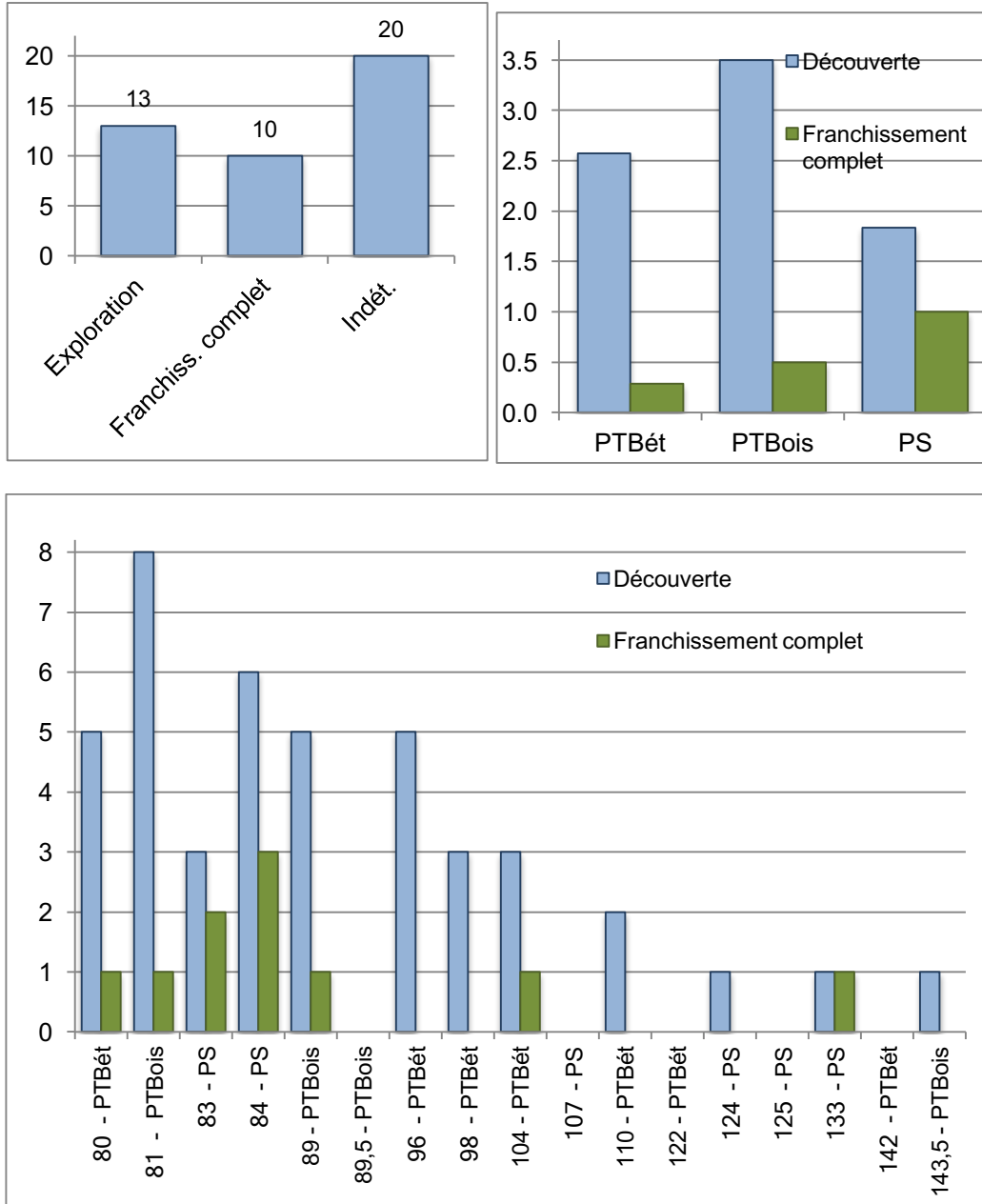
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(a) Castor du Canada :



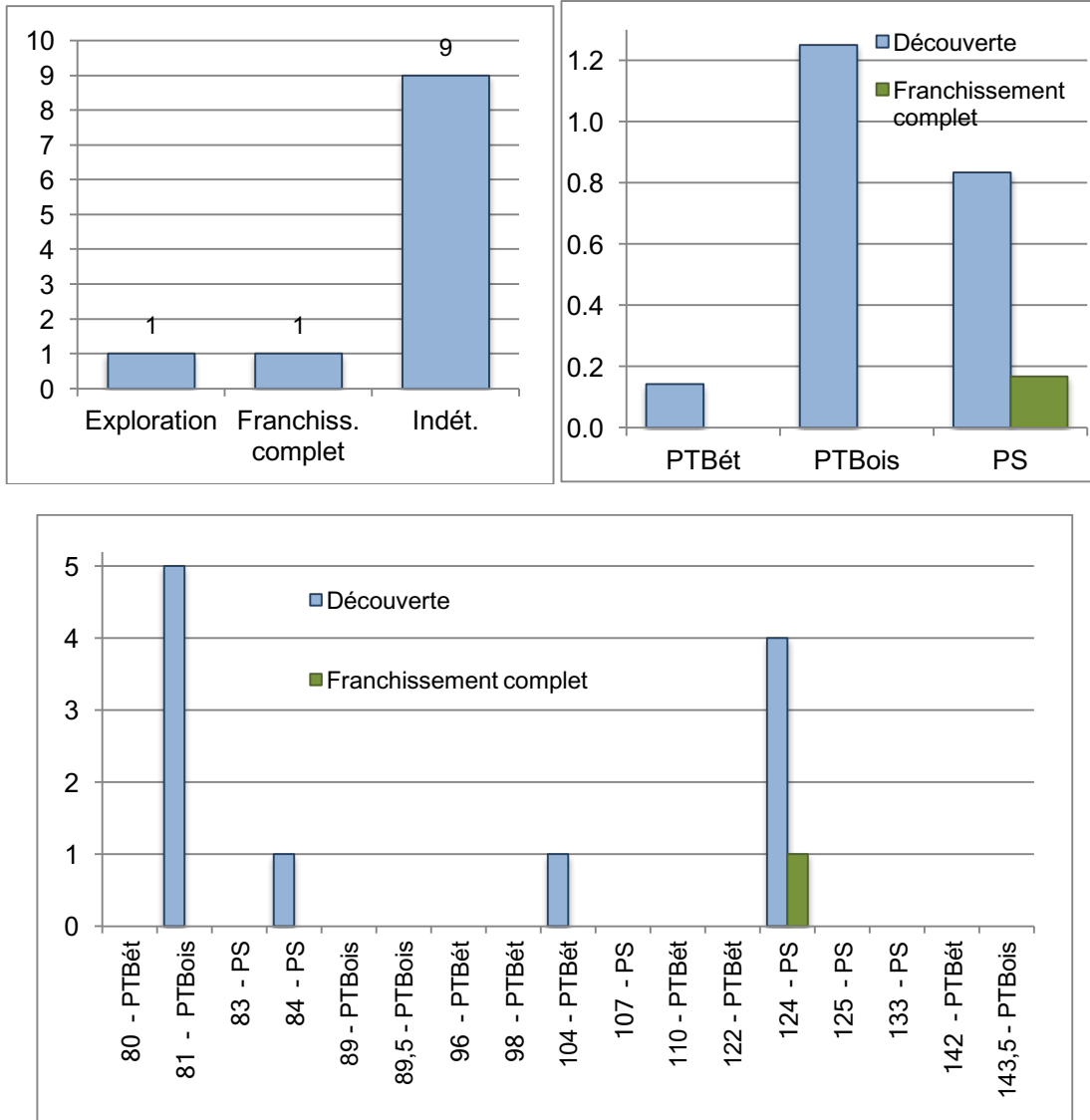
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(b) Raton laveur :



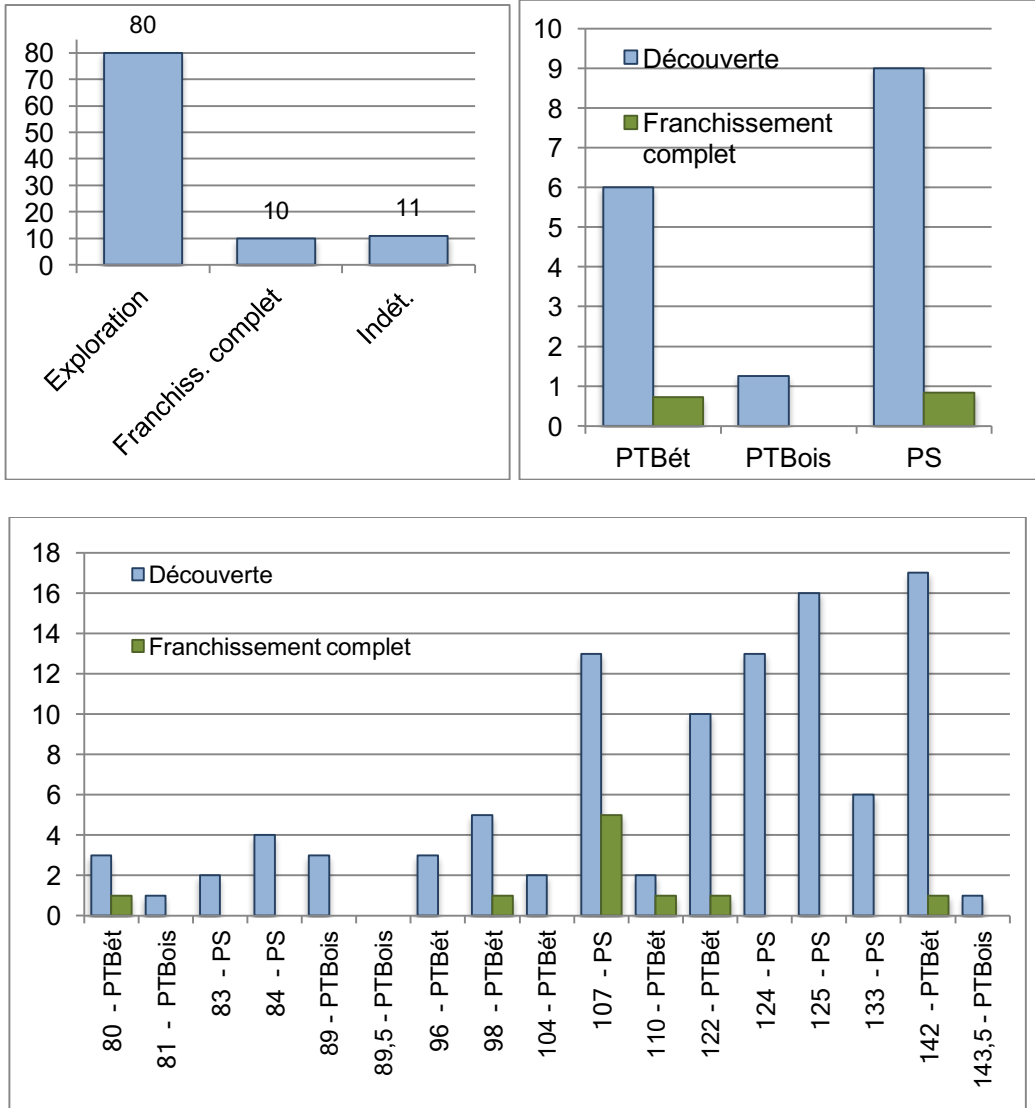
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(c) Loutre de rivière :



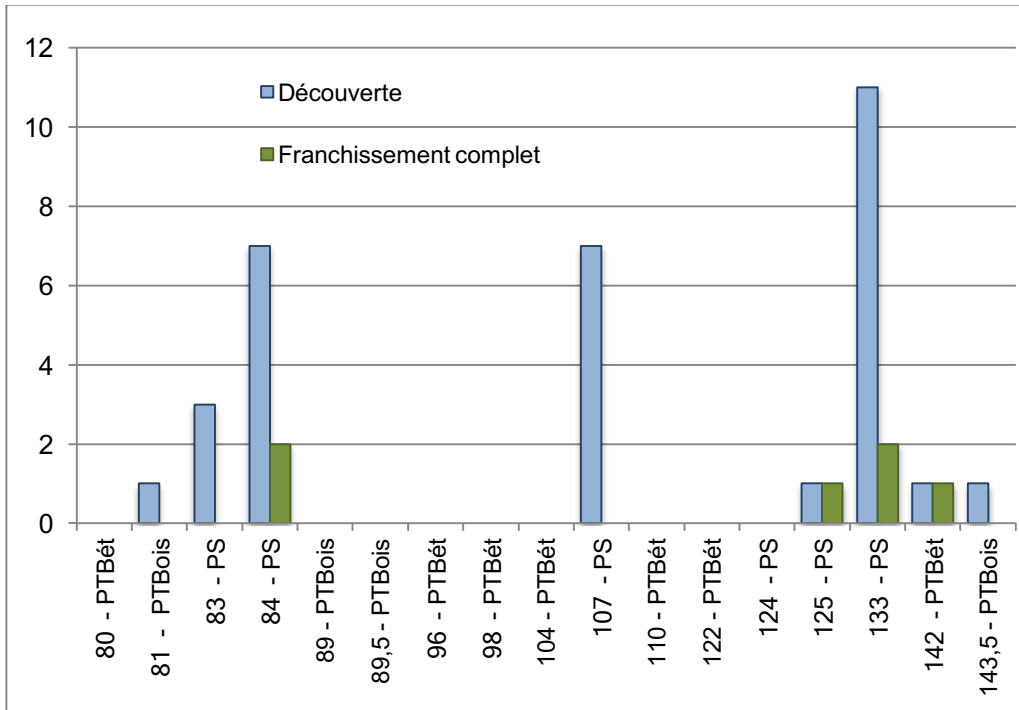
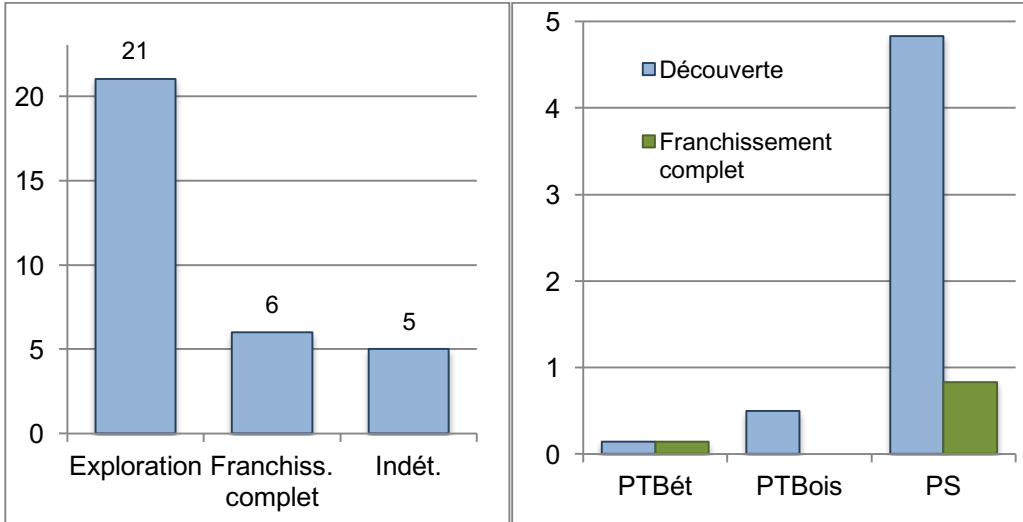
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(d) Porc-épic d'Amérique :



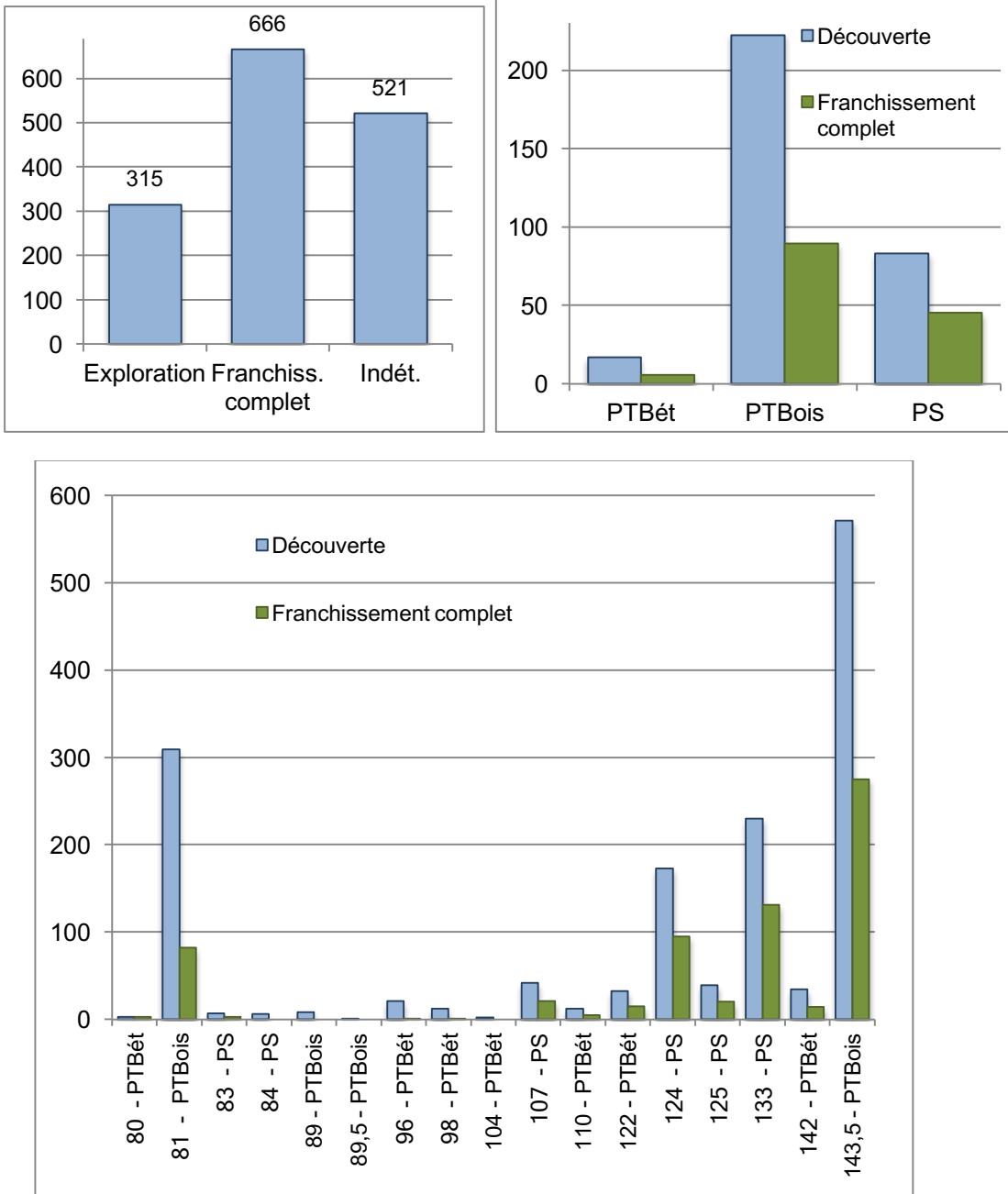
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(e) Renard roux :



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

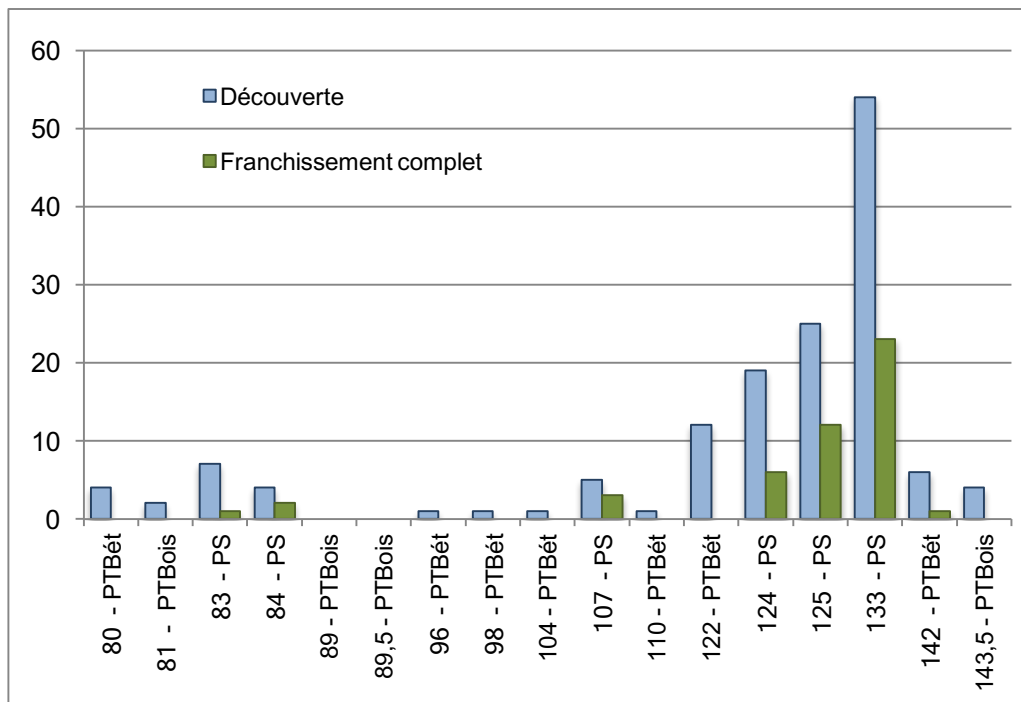
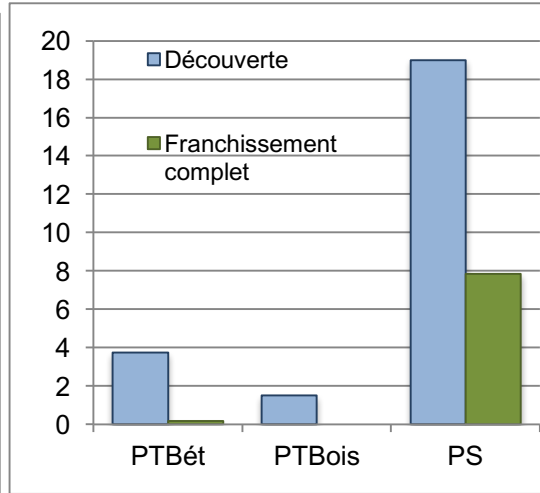
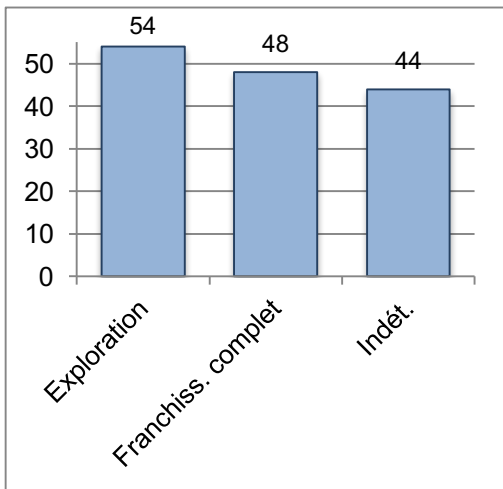
(f) Marmotte commune :





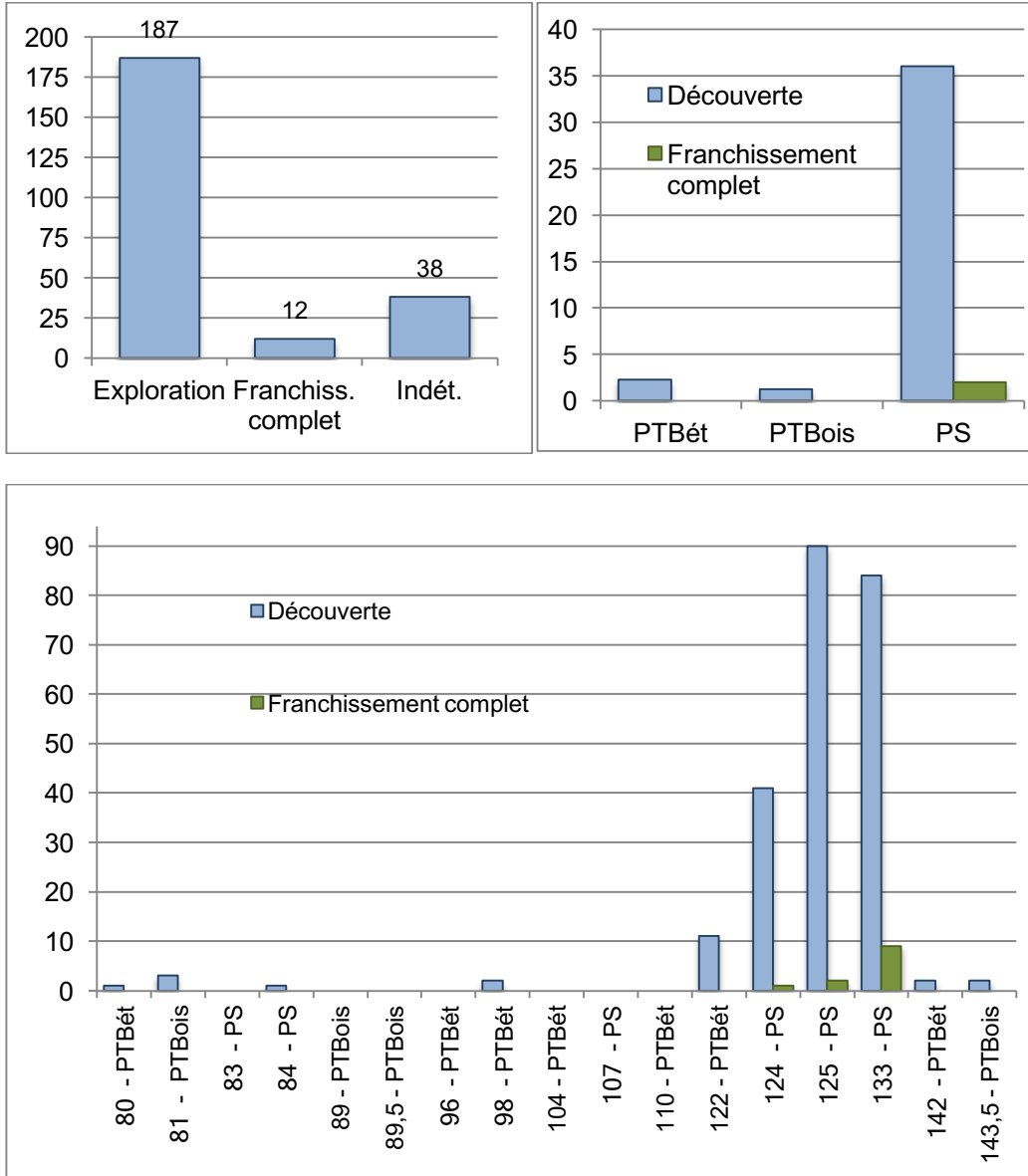
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(g) Mouffette rayée :



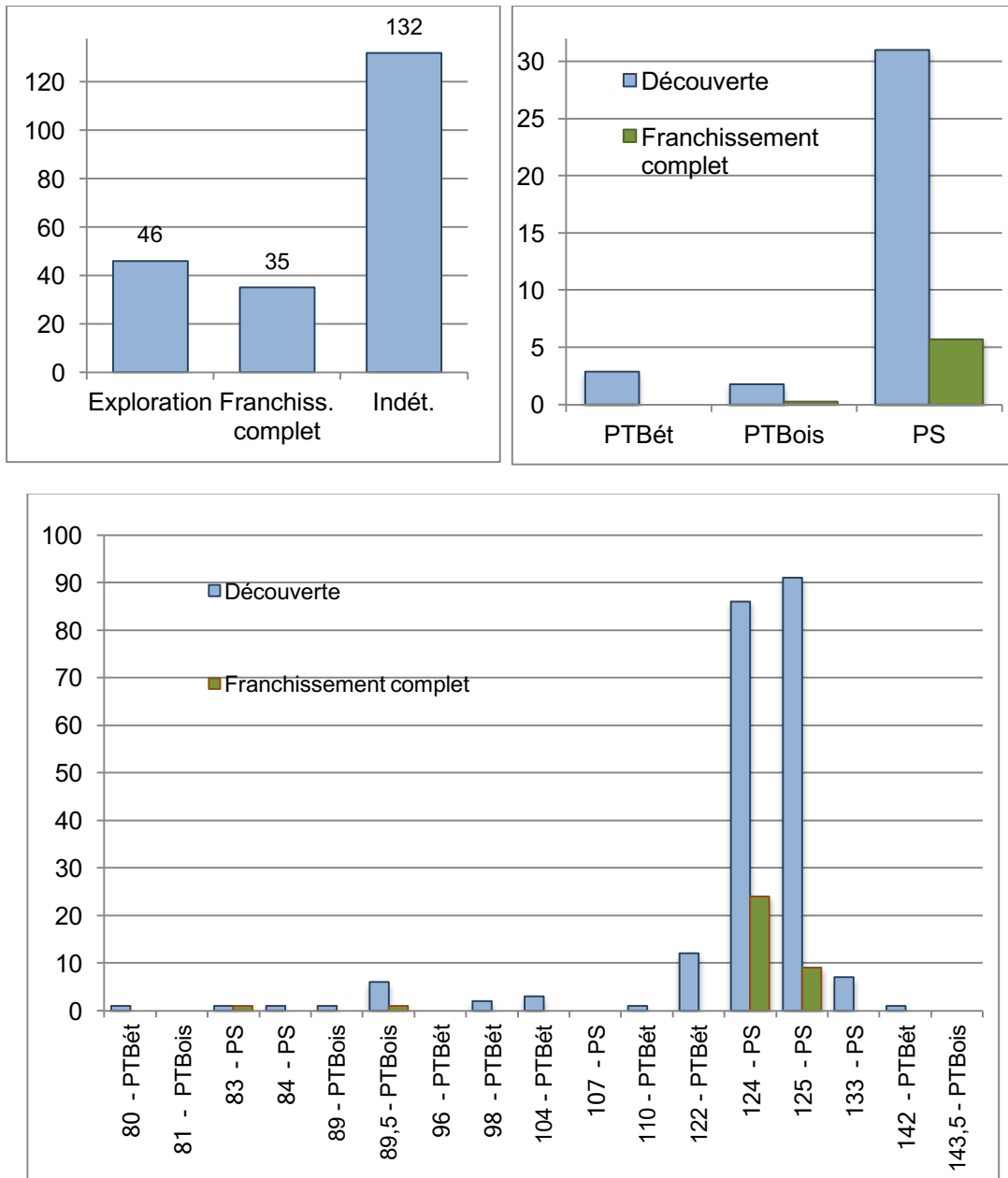
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(h) Lièvre d'Amérique :



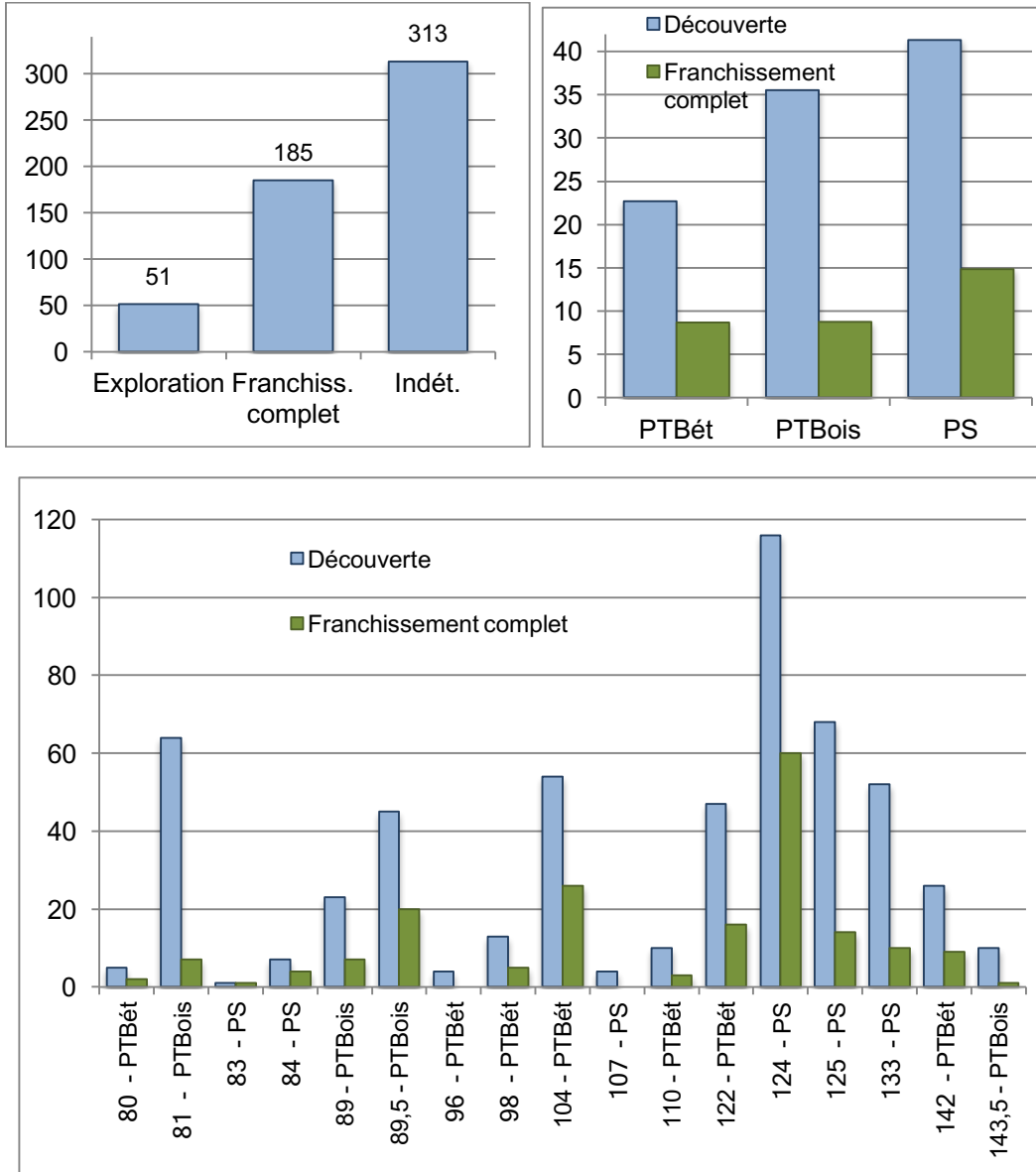
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(i) Rat musqué commun :



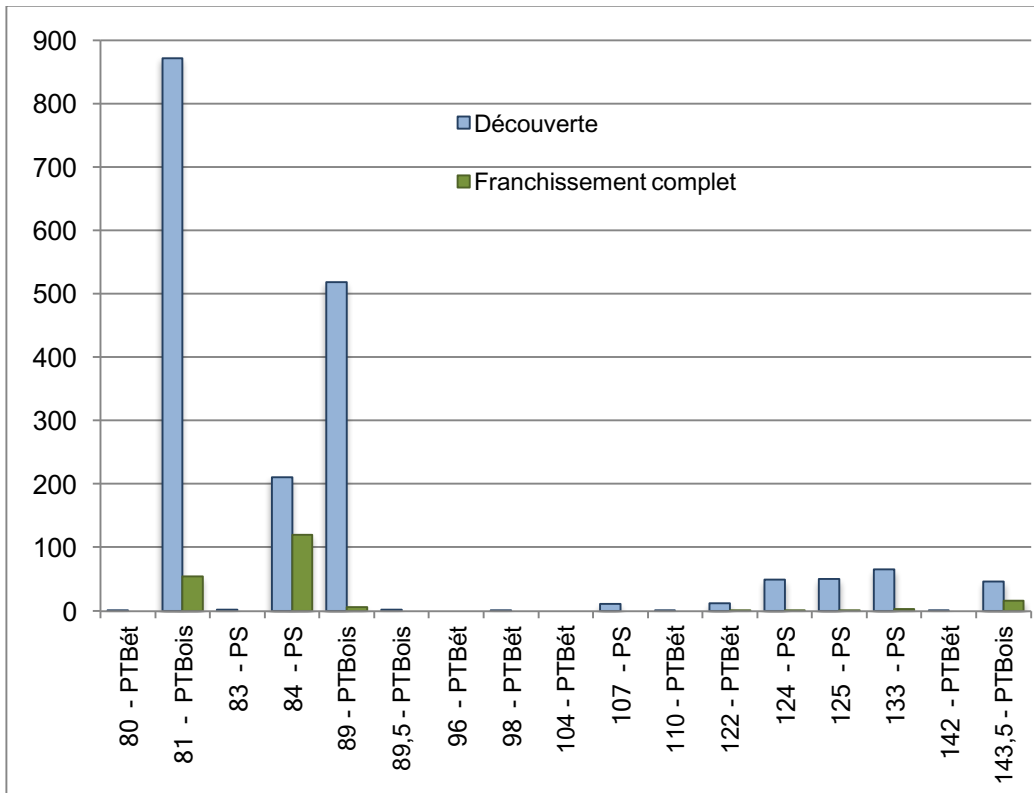
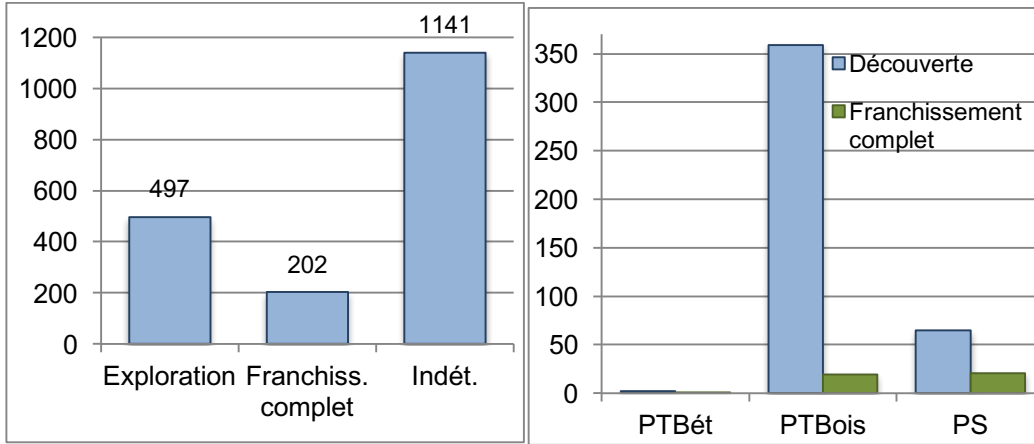
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(j) Vison d'Amérique :



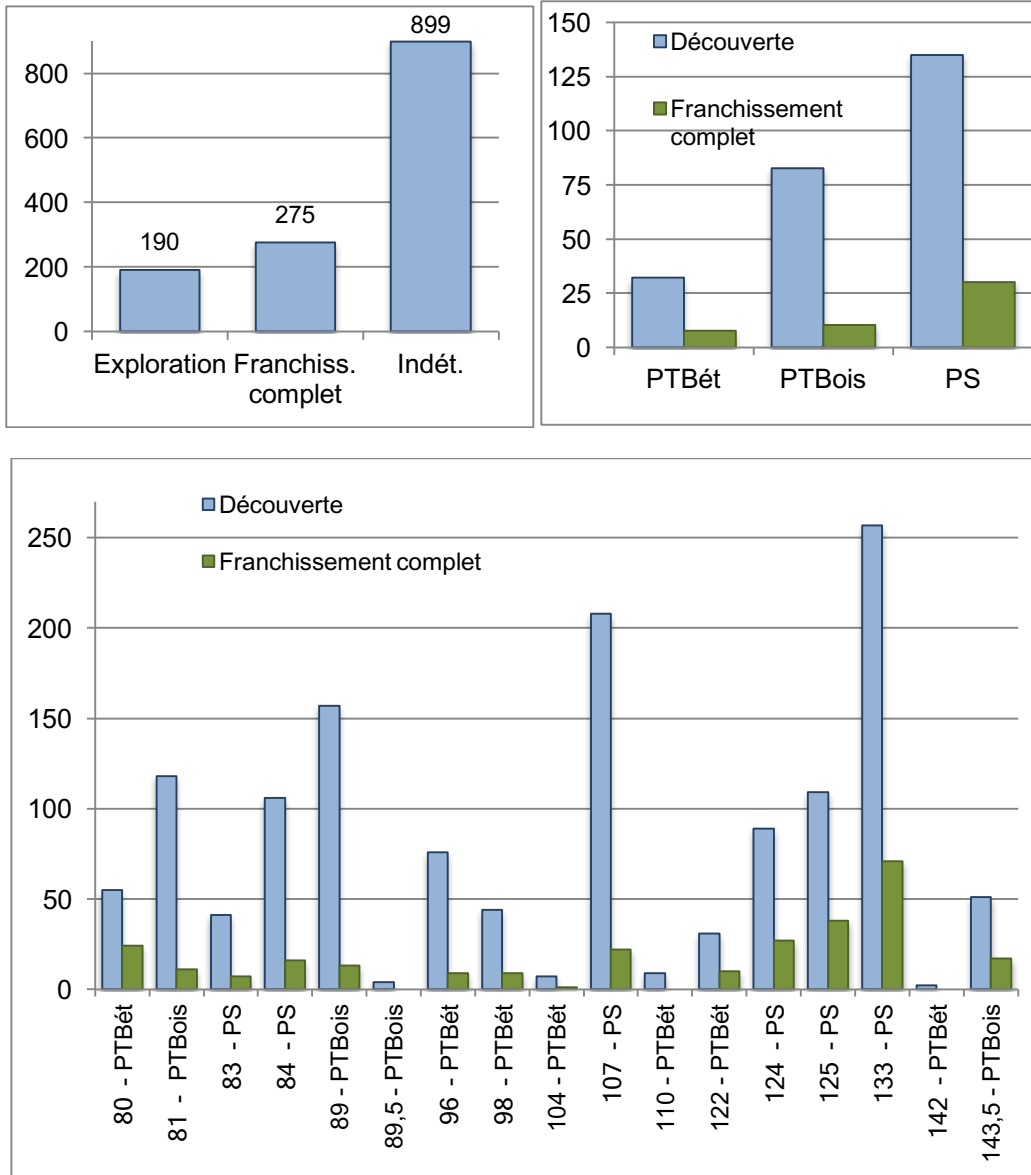
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(k) Écureuil roux :



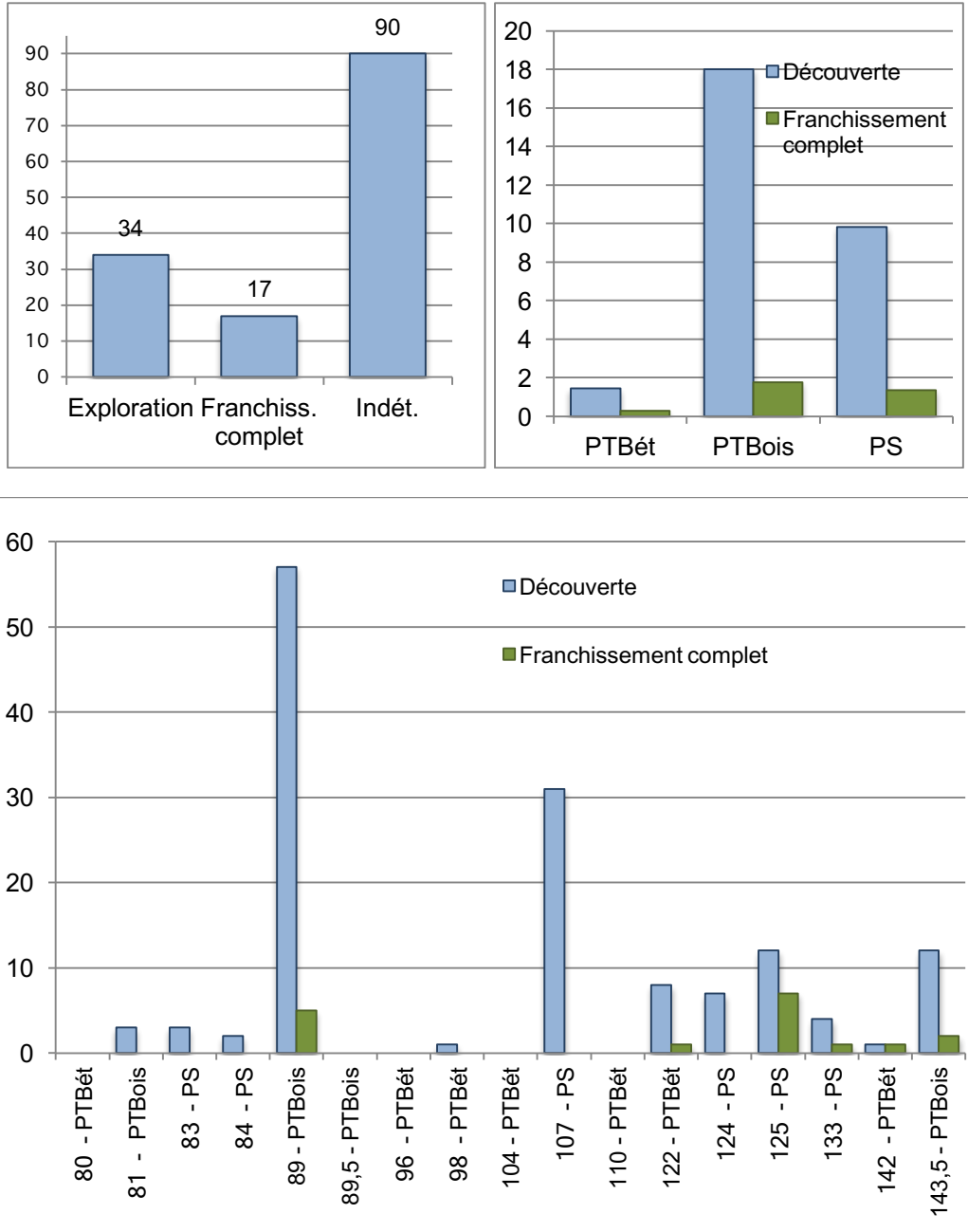
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(I) *Mustela* spp. :



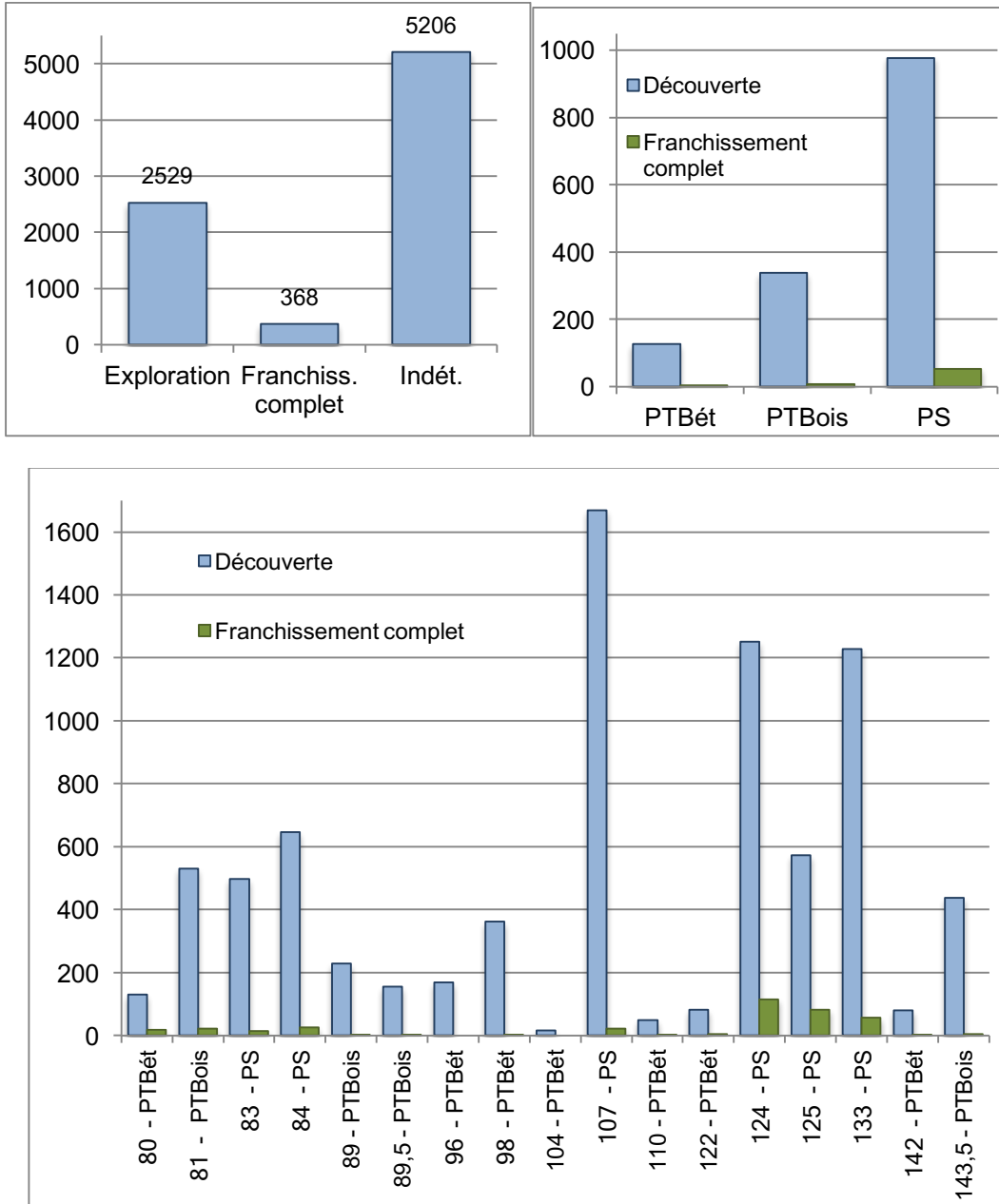
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(m) *Tamias rayé* :



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

(n) Micromammifères :



**Figure 4.23** Nombre total d'incursions, de franchissements complets et de déplacements indéterminés, nombre moyen de découvertes et de franchissements complets selon le passage faunique et par type de déplacement connus ainsi que le nombre total de découvertes et de franchissements complets pour chaque passage. Les 14 espèces (ou groupes) sont ordonnées par valeur décroissante de masse corporelle (de la plus lourde à la plus légère) (sans km 138)



Le **castor** du Canada a visité les trois types de passage et il les a tous utilisés pour réaliser des traversées complètes. Les découvertes et les franchissements complets étaient plus nombreux pour le type PTBois (Figure 4.23a).

Le **raton-laveur** a utilisé les trois types de passages fauniques, mais cette espèce a démontré une préférence pour le type de passage PS. Ils ont plus souvent emprunté ceux localisés au sud du km 90 que ceux davantage au nord, mais leur présence a été constatée au-delà du km 130 (Figure 4.23b). Tous les trois types fonctionnent bien pour les rats laveurs, mais le PS demeure le plus efficace.

La **loutre de rivière** a été observée aux trois types de passage, mais un seul franchissement complet fut capté par les caméras dans un PS (Figure 4.23c), même si le PTBois était visité plus souvent.

Les **porcs-épics** ont visité la presque totalité des passages fauniques, mais ils ont franchis avec succès seulement six passages qui étaient de type PTBét et PS (Figure 4.23d). Ils ont découvert à de rares occasions ceux de type PTBois et ils ne les ont jamais utilisés pour effectuer une traversée complète. Cependant, cinq traversées complètes ont été documentées au passage aménagé au km 107 (PS). Les autres traversées complètes furent observées aux kms 80, 98, 110, 122 et 142 (un franchissement complet à chaque endroit). En général, les passages fauniques mis en place ne fonctionnent pas de façon efficace avec le porc-épic.

La présence de **renard roux** fut observée à 8 passages fauniques, mais ils n'en ont utilisé que 4 afin de réaliser un franchissement complet (Figure 4.23e). Ils ont démontré une préférence pour le PS, à la fois pour les visites que pour les traversées complètes. De façon générale, les passages fauniques déjà aménagés ne semblent pas adaptés pour le renard roux.

Les **marmottes** communes ont découvert tous les passages fauniques et elles en ont utilisé 13 (76 %) pour effectuer des traversées complètes, et plus activement celui aménagé au km 81 de même que ceux situés au nord du km 105. Elles privilégiaient davantage le PTBois et le PS que le PTBét (Figure 4.23f). Les passages fauniques actuels fonctionnent bien pour la marmotte commune.

Les **mouffettes** rayées ont découvert 15 passages fauniques et elles ont réalisé des traversées complètes pour 7 d'entre eux, en particulier ceux aménagés au nord du km 123 (Figure 4.23g). Elles ont démontré une forte préférence pour le PS par rapport aux deux autres.

Le **lièvre d'Amérique** a découvert 10 passages fauniques, principalement regroupés à l'intérieur du tronçon de route entre le km 122 et le km 133 (situation semblable aux mouffettes). Ils ont effectué des traversées complètes dans seulement trois passages et ces derniers étaient de type PS uniquement

(Figure 4.23h). Les passages fauniques ne sont pas dans l'ensemble adaptés pour le lièvre d'Amérique.

Le **rat musqué commun** n'a traversé complètement que quatre passages sur les 13 qu'il a visité. Ce sont surtout deux PS aménagés au km 124 et au km 125 qui ont été utilisés pour franchir l'emprise routière (Figure 4.23i). D'ailleurs, ils privilégiaient nettement ce type de passage par rapport aux deux autres types qui ne semble pas fonctionner pour cette espèce.

Le **vison d'Amérique** a visité la totalité des passages fauniques et les a pratiquement tous utilisés pour traverser l'emprise routière (15 sur 17). Ils ont démontré une légère préférence pour le PS, même s'ils ont utilisé les trois types. (Figure 4.23j). Les passages fauniques déjà mis en place sont bien adaptés aux visons.

L'**écureuil roux** a presque visité la totalité des passages fauniques, mais seuls 8 franchissements complets ont été captés par les caméras (Figure 4.23k). Ils privilégiaient le type en PS, mais ils utilisaient également les PTBois lesquels étaient plus souvent découverts que l'autre type. Par contre, ils n'ont pratiquement jamais visité ni utilisé pour des traversées complètes le PTBét.

Les **espèces de *Mustela* (hermine et/ou la belette à longue queue)** ont visité la totalité des passages fauniques, et elles les ont tous franchis complètement sauf pour trois d'entre eux (Figure 4.23l). Cependant, ces animaux ont démontré une préférence pour le PS par rapport aux deux autres. Les passages fauniques déjà aménagés sont bien adaptés pour les membres de ces espèces de *Mustela*.

Le **tamias rayé** a visité 12 passages fauniques et il a utilisé la moitié d'entre eux pour effectuer une traversée complète (Figure 4.23m), surtout ceux aménagés au km 89 et les autres situés au nord du km 121. Il privilégiait les PTBois et les PS, et à de rares occasions le PTBét.

La présence des **micromammifères** a été notée dans tous les passages fauniques et ils ont effectué des traversées complètes dans tous les passages sauf dans deux cas (Figure 4.23n). La plupart des 8 103 visites et des 368 franchissements complets ont été captés à des aménagements de type PS. Cependant, la répartition spatiale des découvertes restait très inégale.

Aucune donnée n'est présentée à la figure 4.23 pour le **pékan**, le **lynx du Canada** et le **grand polatouche** car aucune photo de ces espèces n'a été prise par les caméras. Rien n'est présenté pour la **martre d'Amérique** car une seule martre a été captée en train d'explorer le passage faunique du km 124 (PS) le 29 août 2012. Cependant, deux franchissements complets ont été réalisés en 2013 par un **ours noir** dans des ponceaux secs (PS) au km 133.

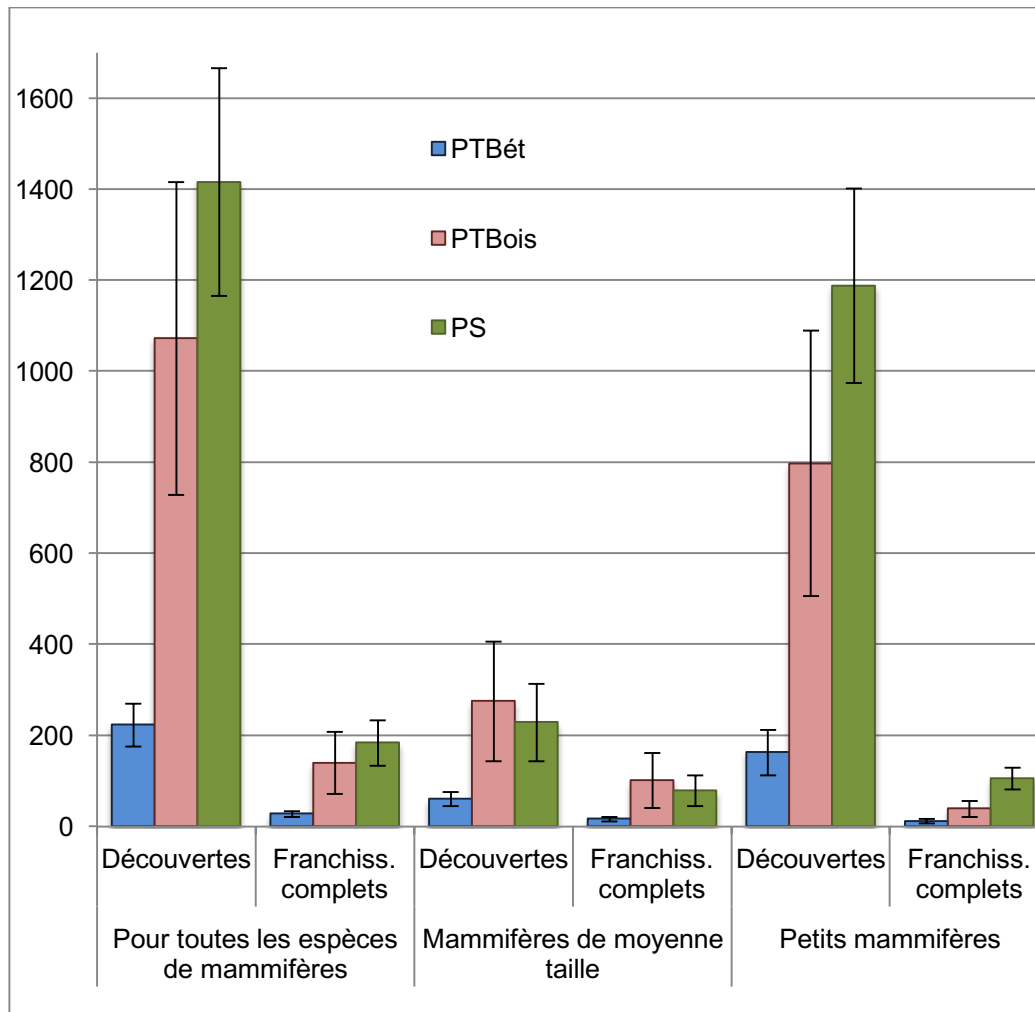
De tous les franchissements complets observés, le plus grand nombre a été réalisé par les marmottes (36 %) et les micromammifères (20 %), suivi par les espèces de *Mustela* (15 %), les écureuils roux (11 %) de même que les visons

(10 %). Les tamias rayés, les castors, les ratons laveurs, les lièvres d'Amérique, les porcs-épics, les renards roux de même que les loutres de rivière n'ont contribué à ce dénombrement que pour moins de 1 %.

Les ratios les plus élevés en ce qui regarde les franchissements complets observés sur le nombre de visites ont été notés pour : l'ours noir (mais, sur 2 découvertes uniquement), la marmotte commune, le vison d'Amérique et la mouffette rayée (ils représentaient chacun > 30 %). Dans l'ordre, le castor du Canada, le raton-laveur, les espèces de mustélinés, le renard roux de même que le rat musqué commun suivaient avec des valeurs qui variaient entre 15 et 20 % (Figure 4.22, Tableau 4.7). Par contre, ce ratio demeurait bas pour le tamia rayé, l'écureuil roux, le porc-épic d'Amérique et la loutre de rivière (entre 8 et 12 %) et très bas pour le lièvre d'Amérique de même que les micromammifères (< 5 %, et 0 pour la martre d'Amérique).

Comme l'indiquent les données présentées à la figure 4.24, de nombreuses espèces ont visité et utilisé de manière très inégale les passages fauniques. De plus, pour un même type de passage, la fréquence des découvertes et des franchissements complets semblait aussi plutôt inégale (Figure 4.23). Cependant, certaines tendances générales peuvent être soulignées. Les performances des trois types de passages pour toutes les espèces de mammifères confondues sont comparées (Figure 4.24) en fonction des dénombrements moyens de visites et de franchissements complets de même qu'avec le ratio du nombre de traversées complètes sur celui des découvertes. Nos données montrent que le PS et le PTBois sont plus efficaces que le PTBét (Tableau 4.7). Le nombre moyen de franchissements complets par type était de 183,3 cas pour les PS, suivis dans l'ordre par les PTBois avec 139,5 et les PTBét avec la valeur la plus basse, soit 27,6. Le ratio du nombre moyen de traversées à l'intérieur des passages était un peu plus élevé pour le PTBét que les deux autres (non statistiquement significatif). Quant aux visites, elles étaient nettement moins fréquentes. Le fait de comparer entre eux PS et PTBois n'était pas à première vue significatif du point de vue statistique. Toutefois, les nombres moyens de découvertes et de traversées complètes demeuraient supérieurs pour les PS par rapport aux PTBois. Cette différence risque de devenir statistiquement significative si un plus grand nombre de données est recueilli pendant une plus longue période. En ce qui concerne toutes les espèces de mammifères, le ratio du nombre moyen de franchissements complets variait de 12,7 % ( $\pm 2,7$  % ET) pour les PS et 15,4 % ( $\pm 3,8$  % ET) pour les PTBét (Tableau 4.7).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.24** Nombre moyen des découvertes et des franchissements complets par passage faunique selon le type, pour toutes les espèces de mammifères confondues (à gauche), les mammifères de taille moyenne (au centre) ainsi que les petits mammifères (à droite) (les barres représentent les erreurs-types)

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

**Tableau 4.7 Comparaison du rendement des trois types de passages fauniques en ce qui regarde : dénombrements moyens de découvertes, franchissements complets de même que ratio du nombre de traversées complètes sur le nombre de découvertes pour les 14 espèces (ou groupes) ainsi que celles de mammifères de moyenne et de petite taille.** Après avoir présenté les trois premiers groupes, les espèces sont ordonnées par valeur décroissante de masse corporelle. (ET = erreur-type; annotation et définition des seuils en ce qui regarde la significativité : 0 '\*\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1; analyse de la variance (ANOVA); test de Tukey (HSD = la plus haute différence significative) pour effectuer le classement)

Espèce (ou groupe)	Type de passage faunique			Valeur F	Valeur p	Classement et signification statistique (n.s., ., *, **, ***)
	PS	PTBois	PTBét			
<b>Toutes les espèces de mammifères confondues</b>						
Nombre moyen de découvertes par passage (± ET)	1416 (± 250,2)	1072,3 (± 343,8)	222,7 (± 46,6)	10,07	0,002 **	PS > PTBois : n.s. <b>PS &gt; PTBét : **</b> <b>PTBois &gt; PTBét : *</b>
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	183,3 (± 49,7)	139,5 (± 67,8)	27,6 (± 6,2)	4,45	0,032 *	PS > PTBois : n.s. <b>PS &gt; PTBét : *</b> PTBois > PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes (± ET)	12,7 % (± 2,7 %)	13,5 % (± 5,2 %)	15,4 % (± 3,8 %)	0,14	0,87	PS ≈ PTBois ≈ PTBét
<b>Toutes les espèces de mammifères de taille moyenne</b>						
Nombre moyen de découvertes par passage (± ET)	228,3 (± 84,7)	275,0 (± 131,5)	60,1 (± 15,6)	2,4	0,126	PS < PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	78,5 (± 33,7)	101,1 (± 60,9)	16,0 (± 4,9)	1,96	0,18	PS < PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de	33,6 % (± 3,7 %)	32,2 % (± 6,7 %)	25,4 % (± 4,5 %)	0,96	0,41	PS ≈ PTBois > PTBét : n.s.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

découvertes (± ET)						
<b>Toutes les espèces de mammifères de petite taille</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage (± ET)	1187,7 (± 214,1)	797,3 (± 291,5)	162,6 (± 49,9)	9,73	0,002 **	PS > PTBois : n.s. <b>PS &gt; PTBét : **</b> PTBois > PTBét : .
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	104,8 (± 23,7)	38,5 (± 17,7)	11,6 (± 5,5)	9,25	0,003 **	<b>PS &gt; PTBois : .</b> <b>PS &gt; PTBét : **</b> PTBois > PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes (± ET)	9,8 % (± 2,5%)	4,2 % (± 1,4%)	7 % (± 2,9 %)	0,92	0,42	PS ≈ PTBét > PTBois : n.s.
<b>Castor du Canada</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage (± ET)	1,67 (± 1,17)	6,25 (± 5,6)	3,14 (± 1,8)	0,64	0,54	PS < PTBois : n.s. PS < PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	0,33 (± 0,21)	2,25 (± 2,25)	0,43 (± 0,43)	1,07	0,37	PS < PTBois : n.s. PS ≈ PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes (± ET)	24 % (± 9,5%)	20 % (± 20 %)	10 % (± 10 %)	0,33	0,74	PS > PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
<b>Raton laveur</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage (± ET)	1,83 (± 0,95)	3,5 (± 1,85)	2,57 (± 0,78)	0,5	0,62	PS < PTBois : n.s. PS < PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	1,0 (± 0,52)	0,5 (± 0,29)	0,29 (± 0,18)	1,13	0,35	PS > PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois ≈ PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le	54 % (± 21 %)	11 % (± 6 %)	11 % (± 7 %)	3,56	0,072 .	PS > PTBois : n.s. <b>PS &gt; PTBét : .</b> PTBois ≈ PTBét :

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

nombre de découvertes ( $\pm$ ET)						n.s.
<b>Loutre de rivière</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage ( $\pm$ ET)	0,83 ( $\pm$ 0,65)	1,25 ( $\pm$ 1,25)	0,14 ( $\pm$ 0,14)	0,74	0,49	Valeurs trop faibles pour permettre l'emploi d'un test statistique
Nombre moyen de franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)	0,17 ( $\pm$ 0,17)	0,0	0,0	Valeurs trop faibles pour permettre l'emploi d'un test statistique		
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes ( $\pm$ ET)	Valeurs trop faibles pour permettre l'emploi d'un test statistique					
<b>Porc-épic d'Amérique</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage ( $\pm$ ET)	9,0 ( $\pm$ 2,3)	1,25 ( $\pm$ 0,6)	6,0 ( $\pm$ 2,1)	2,83	0,09	<b>PS &gt; PTBois : .</b> <b>PS &gt; PTBét : n.s.</b> <b>PTBois &lt; PTBét : n.s.</b>
Nombre moyen de franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)	0,83 ( $\pm$ 0,83)	0,0	0,71 ( $\pm$ 18)	0,58	0,57	<b>PS <math>\approx</math> PTBét &gt; PTBois : n.s.</b>
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes ( $\pm$ ET)	6,4 % ( $\pm$ 6,4 %)	0 %	17 % ( $\pm$ 7,1 %)	1,4	0,28	<b>PTBét &gt; PS &gt; PTBois : n.s.</b>
<b>Renard roux</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage ( $\pm$ ET)	4,83 ( $\pm$ 1,7)	0,5 ( $\pm$ 0,3)	0,14 ( $\pm$ 0,14)	6,26	0,011	<b>PS &gt; PTBois : *</b> <b>PS &gt; PTBét: *</b> <b>PTBois <math>\approx</math> PTBét: n.s.</b>
Nombre moyen de franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)	0,83 ( $\pm$ 0,4)	0,0	0,14 ( $\pm$ 0,14)	2,7	0,102	<b>PS &gt; PTBois : n.s.</b> <b>PS &gt; PTBét : n.s.</b> <b>PTBois <math>\approx</math> PTBét : n.s.</b>
Coefficient moyen du nombre de	29 % ( $\pm$ 18 %)	0,0 %	100 %	2,45	0,18	<b>PTBét &gt; PS &gt; PTBois : n.s.</b>

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

franchissements complets sur le nombre de découvertes ( $\pm$ ET)						
<b>Marmotte commune</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage ( $\pm$ ET)	82,8 ( $\pm$ 38,7)	222,25 ( $\pm$ 136,6)	16,6 ( $\pm$ 4,9)	2,8	0,095 .	PS < PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. <b>PTBois &gt; PTBét : .</b>
Nombre moyen de franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)	45 ( $\pm$ 22,3)	89,25 ( $\pm$ 64,9)	5,6 ( $\pm$ 2,4)	1,94	0,18	PS < PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes ( $\pm$ ET)	42,7 % ( $\pm$ 8,8 %)	18,7 % ( $\pm$ 11,7 %)	34,7 % ( $\pm$ 13,2 %)	0,87	0,44	PS > PTBét > PTBois : n.s.
<b>Mouffette rayée</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage ( $\pm$ ET)	19 ( $\pm$ 7,8)	1,5 ( $\pm$ 0,96)	3,7 ( $\pm$ 1,6)	3,67	0,052 .	<b>PS &gt; PTBois : .</b> <b>PS &gt; PTBét : .</b> PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)	7,8 ( $\pm$ 3,4)	0,0	0,14 ( $\pm$ 0,14)	4,58	0,029*	<b>PS &gt; PTBois : .</b> <b>PS &gt; PTBét : *</b> PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes ( $\pm$ ET)	41,1 % ( $\pm$ 6,6 %)	0,0 %	2,4 % ( $\pm$ 2,4 %)	21,7	0,0001** *	<b>PS &gt; PTBois : **</b> <b>PS &gt; PTBét : ***</b> PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
<b>Lièvre d'Amérique</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage ( $\pm$ ET)	36 ( $\pm$ 17,4)	1,25 ( $\pm$ 0,75)	2,29 ( $\pm$ 1,5)	3,45	0,06 .	PS > PTBois : n.s. <b>PS &gt; PTBét : .</b> PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
Nombre moyen de	2 ( $\pm$ 1,4)	0,0	0,0	1,75	0,21	PS > PTBois :



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)						n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes ( $\pm$ ET)	3,8 % ( $\pm$ 2,4 %)	0,0 %	0,0 %	1,9	0,22	PS > PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
<b>Rat musqué commun</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage ( $\pm$ ET)	31 ( $\pm$ 18,2)	1,75 ( $\pm$ 1,4)	2,9 ( $\pm$ 1,6)	2,2	0,15	PS > PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)	5,7 ( $\pm$ 3,9)	0,25 ( $\pm$ 0,25)	0,0	1,82	0,2	PS > PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes ( $\pm$ ET)	27,6 % ( $\pm$ 18,8 % )	8,3% ( $\pm$ 8,3%)	0,0 %	1,46	0,28	PS > PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
<b>Vison d'Amérique</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage ( $\pm$ ET)	41,3 ( $\pm$ 18,8)	35,5 ( $\pm$ 11,9)	22,7 ( $\pm$ 7,7)	0,55	0,59	PS $\approx$ PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)	14,8 ( $\pm$ 9,3)	8,75 ( $\pm$ 4,0)	8,7 ( $\pm$ 3,5)	0,31	0,74	PS > PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois $\approx$ PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements	41,4 % ( $\pm$ 14,6 %)	24 % ( $\pm$ 8,3 %)	32,2 % ( $\pm$ 5,8 %)	0,61	0,56	PS > PTBois : n.s.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

complets sur le nombre de découvertes (± ET)	)					PS > PTBét : n.s. PTBois < PTBét : n.s.
<b>Écureuil roux</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage (± ET)	64,5 (± 30,8)	359,25 (± 206,7)	2,3 (± 1,6)	4,4	0,03*	<b>PS &lt; PTBois : .</b> PS > PTBét : n.s. <b>PTBois &gt; PTBét : *</b>
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	20,8 (± 19,8)	19 (± 12,1)	0,14 (± 0,14)	0,85	0,45	PS ≈ PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes (± ET)	11 % (± 9,3 %)	10,5 % (± 8,2%)	1,7% (± 1,7%)	0,49	0,63	PS ≈ PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
<b>Espèces de mustélidés</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage (± ET)	135 (± 33)	82,5 (± 34,1)	32 (± 10,5)	4,7	0,028*	PS > PTBois : n.s. <b>PS &gt; PTBét : *</b> PTBois > PTBét : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	30,2 (± 9,2)	10,25 (± 3,6)	7,6 (± 3,2)	4,1	0,04*	PS > PTBois : n.s. <b>PS &gt; PTBét : *</b> PTBois ≈ PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes (± ET)	22,6 % (± 3,9 %)	12,7 % (± 7,2 %)	17,5 % (± 6,1 %)	0,63	0,55	PS > PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois < PTBét : n.s.
<b>Tamia rayé</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage (± ET)	9,8 (± 4,5)	18 (± 13,2)	1,4 (± 1,1)	1,83	0,2	PS < PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Nombre moyen de franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)	1,3 ( $\pm$ 1,1)	1,75 ( $\pm$ 1,2)	0,29 ( $\pm$ 0,18)	0,79	0,47	PS $\approx$ PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois > PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes ( $\pm$ ET)	13,9 % ( $\pm$ 9,8 %)	8,5 % ( $\pm$ 4,8 %)	37,5 % ( $\pm$ 31,5 %)	0,76	0,5	PS $\approx$ PTBois : n.s. PS < PTBét : n.s. PTBois < PTBét : n.s.
<b>Micromammifères</b>	<b>PS</b>	<b>PTBois</b>	<b>PTBét</b>			
Nombre moyen de découvertes par passage ( $\pm$ ET)	977,5 ( $\pm$ 193,2)	337,5 ( $\pm$ 87,7)	126,9 ( $\pm$ 43,5)	13,2	0,0006** *	<b>PS &gt; PTBois : *</b> <b>PS &gt; PTBét : ***</b> PTBois > PTBét : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage ( $\pm$ ET)	52,2 ( $\pm$ 16,1)	7,5 ( $\pm$ 4,6)	3,6 ( $\pm$ 2,5)	7,3	0,007**	<b>PS &gt; PTBois : *</b> <b>PS &gt; PTBét : **</b> PTBois > PTBét : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de découvertes ( $\pm$ ET)	6 % ( $\pm$ 2 %)	1,8 % ( $\pm$ 0,7 %)	3,2 % ( $\pm$ 1,9%)	1,24	0,32	PS > PTBois : n.s. PS > PTBét : n.s. PTBois < PTBét : n.s.

Pour toutes les espèces de mammifères de moyenne taille confondues, les nombres moyens de visites et de franchissements complets étaient plus élevés pour les PTBois que pour les PS et les PTBét. Également, ils étaient supérieurs pour les PS par rapport aux PTBét (Figure 4.24), mais la taille de l'échantillon était trop faible afin d'atteindre le seuil de signification statistique (Tableau 4.7). Cette tendance était surtout attribuable aux marmottes communes qui visitaient et traversaient avec succès les PTBois deux fois plus que les PS. Pour les mammifères de taille moyenne, le nombre moyen de franchissements complets par passage s'élevait à 78,5 cas pour les PS, 101,1 pour les PTBois et de 16,0, (plus faible valeur obtenue) pour les PTBét. Encore une fois, les coefficients moyens restaient très similaires pour les trois types de passages. Les résultats présentés au tableau 4.7 démontrent que l'analyse de l'efficacité des passages fauniques doit se faire espèce par espèce plutôt que toutes les espèces

confondues ou divers regroupements d'espèces. Cette approche a été retenue et les résultats sont présentés au tableau 5.8 (section 5.2.1, voir ci-dessous). En ce qui a trait aux espèces de mammifères de petite taille, les nombres de visites et de franchissements complets demeuraient plus élevés pour les PS que pour les PTBois et les PTBét. Ils étaient également supérieurs pour les PTBois par rapport aux PTBét (Figure 4.24), mais la taille de l'échantillon était encore trop faible afin d'atteindre le seuil de signification statistique pour les traversées complètes (Tableau 4.7). Les coefficients moyens demeuraient plus élevés pour les PS et les PTBét, par rapport aux PTBois (mesures toutefois non statistiquement significatives). Les nombres moyens de découvertes des passages fauniques restaient nettement supérieurs pour les petits mammifères que pour ceux de taille moyenne (par un facteur qui variait de 2,5 à 5,2). Fait intéressant, les nombres de franchissements complets des mammifères de taille moyenne demeuraient plus élevés dans les passages PTBois par rapport à ceux de petite taille (Tableau 4.7). Ils ne l'étaient que légèrement dans les PTBét, surtout à cause de la marmotte commune. Pour les petits mammifères, le nombre moyen de franchissements complets par passage s'élevait à 104,8 cas pour les PS, suivi par 38,5 pour les PTBois et 11,6 (valeur la plus faible obtenue) pour les PTBét. En conséquence, les coefficients moyens restaient inférieurs pour ces mêmes mammifères (une valeur qui fluctuait entre 4,2 % et 9,8 %) par rapport à ceux de taille moyenne (25,4 % et 33,6 %) (Tableau 4.7).

Parmi les trois types de passages fauniques, au moins un ne comportait pas d'ouverture au centre tandis qu'au moins un autre en était pourvu (Tableau 4.8).

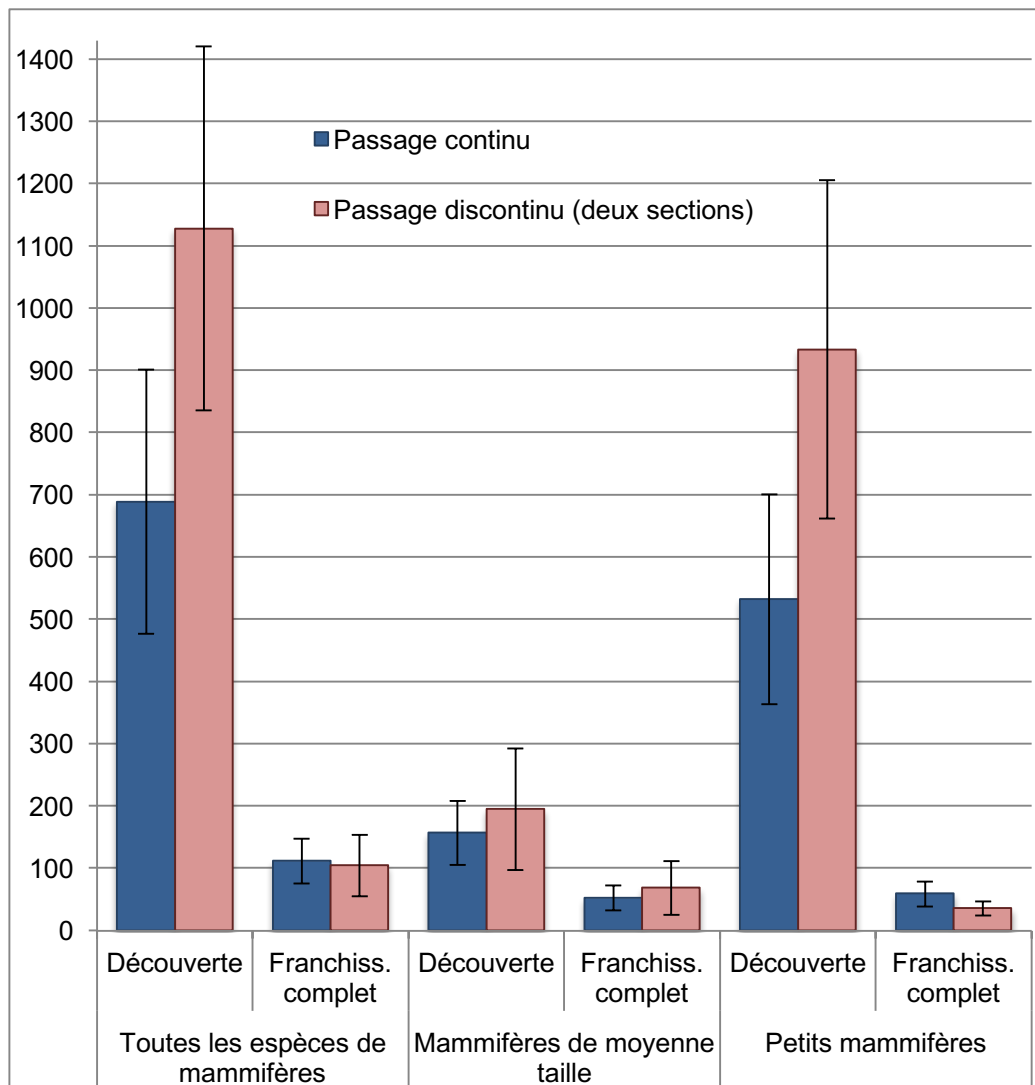
**Tableau 4.8** Nombre pour chaque type de passage faunique avec ou sans ouverture au centre (c.-à.-d. deux sections de passage). Le type de passage ne corrèle pas de façon significative avec la présence d'une ouverture ( $\chi^2 = 3,8$ , ddl = 2, valeur  $p = 0,15$ ), alors il n'y pas de problème de collinéarité

Type de passage	Ouverture au centre	
	Non	Oui
PS	5	1
PTBois	1	3
PTBét	5	2

Puisque l'ouverture peut exercer une grande influence, nous avons également calculé les valeurs moyennes en ce qui a trait aux visites et aux franchissements complets par passage. Nous avons présenté les résultats

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

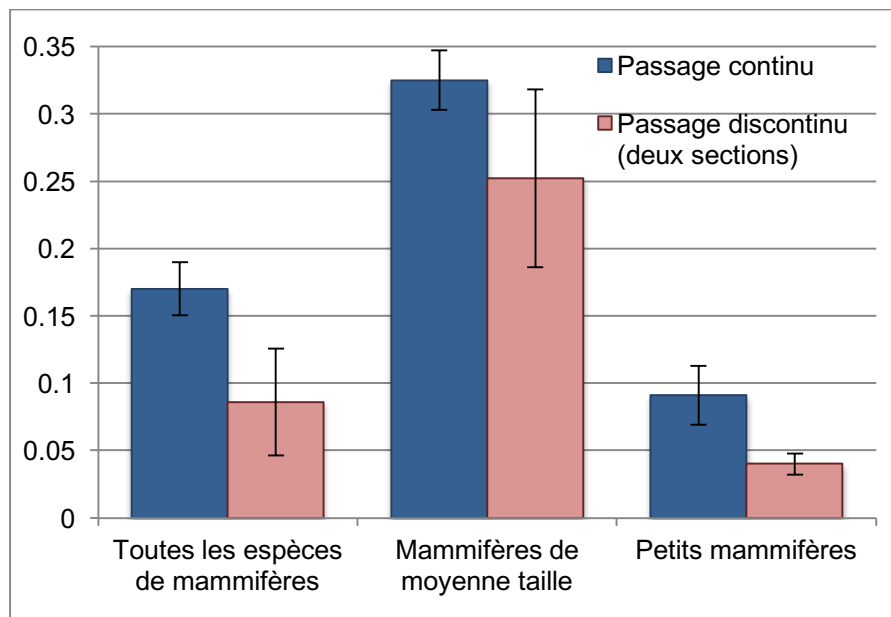
distinctement, à savoir si ces ouvrages routiers comportaient ou non une ouverture au centre, afin d'estimer jusqu'à quel point ils différaient (Figure 4.25, Tableau 4.9).



**Figure 4.25** Nombres moyens de découvertes et de franchissements complets par type de passage pour ceux qui comportent ou non une ouverture au centre pour toutes espèces de mammifères confondues (à gauche), les mammifères de taille moyenne (au centre) ainsi que les petits mammifères (à droite). Les barres représentent les erreurs-types.

Nous voulions également vérifier si une plus faible probabilité qu'un animal se déplacerait à travers un passage préalablement découvert comportant une ouverture au centre, serait compensée par un nombre plus élevé de visites, lequel pourrait se traduire par une fréquence similaire de franchissements complets.

De façon générale, le nombre de découvertes était plus élevé aux passages qui comportaient une ouverture au centre que ceux qui en étaient dépourvus (Figure 4.25, Tableau 4.9). La proportion de découvertes se traduisant en franchissement complet demeurerait toutefois inférieure pour les passages fauniques pourvus d'une ouverture au centre (Figure 4.26). Toutefois, cette situation ne signifie pas automatiquement que le nombre de franchissements complets est inférieur dans les passages pourvus d'une ouverture au centre. En effet, il semble que cette plus faible proportion de passages complets est davantage compensée par un nombre plus élevé de découvertes par les mammifères de taille moyenne, et qui par conséquent donne lieu à un nombre légèrement plus élevé de traversées complètes. Cependant, pour les petits mammifères, une plus faible probabilité d'utilisation des passages pourvus d'une ouverture au centre a résulté d'une diminution du nombre de franchissements complets même si le nombre de visites était supérieur (Figure 4.25).



**Figure 4.26** Proportion du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites pour les passages fauniques qui comportent ou non une ouverture au centre pour les espèces de mammifères confondues (à gauche), les mammifères de taille moyenne (au centre) et les petits mammifères (à droite). Les barres représentent les erreurs-types

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau 4.9 Comparaison de l'efficacité des trois types de passages fauniques qui comportaient ou non une ouverture au centre en ce qui regarde : dénombrements moyens de découvertes, franchissements complets de même que ratio du nombre de traversées complètes sur le nombre de visites pour les 14 espèces (ou groupes) ainsi que celles de mammifères de moyenne et de petite taille.** Après avoir présenté les trois premiers groupes, les espèces sont ordonnées par valeurs décroissantes de masse corporelle. (ET = erreur-type; Non O = absence d'une ouverture au centre; O = présence d'une ouverture au centre; annotation et définition des seuils en ce qui regarde la significativité : 0 '\*\*\*\*' 0,001 '\*\*\*' 0,01 '\*\*' 0,05 '.' 0,1 '.' 1; n.s. = non significatif; test U de Mann-Whitney)

Espèce (ou groupe)	Présence d'une ouverture au centre		Valeur <i>W</i>	Valeur <i>p</i>	Classement
	Non	Oui			
<b>Toutes les espèces de mammifères confondues</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	688,8 (± 212,1)	1127,8 (± 292,5)	18	0,149	Non O < O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	111,5 (± 35,9)	104,2 (± 49,1)	34,5	0,92	Non O ≈ O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	17 % (± 1,97 %)	8,6 % (3,96 %)	55	0,027*	Non O > O : *
<b>Toutes les espèces de mammifères de taille moyenne</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	156,6 (± 51,5)	194,7 (± 97,4)	31	0,884	Non O ≈ O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	52,4 (± 19,9)	68,5 (± 43,6)	39	0,58	Non O ≈ O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	32,5 % (± 2,2 %)	25,2 % (± 6,6 %)	42	0,40	Non O > O : n.s.
<b>Toutes les espèces de mammifères de petite taille</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	532,2 (± 168,7)	933,2 (± 272)	18	0,15	Non O < O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets	59,1 (± 20,1)	35,7 (± 11,6)	32	0,96	Non O > O : n.s.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

par passage (± ET)					
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	9,1 % (± 2,2 %)	4,0 % (± 0,8 %)	45	0,26	Non O > O : n.s.
<b>Castor du Canada</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	5 (± 2,2)	0,33 (± 0,33)	48	0,102	Non O > O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	1,27 (± 0,82)	0,0	45	0,12	Non O > O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	19,4 % (± 7 %)	0,0 %	5	0,44	Non O > O : n.s.
<b>Raton laveur</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	1,91 (± 0,64)	3,67 (± 1,2)	21	0,24	Non O < O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	0,73 (± 0,304)	0,33 (± 0,21)	39	0,53	Non O > O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	38,6 % (± 13,8 %)	6,5 % (± 4,2 %)	27,5	0,11	Non O > O : n.s.
<b>Loutre de rivière</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	0,545 (± 0,37)	0,83 (± 0,83)	35	0,84	Non O ≈ O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	0,091 (± 0,091)	0,0	36	0,54	Non O ≈ O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	Valeurs trop faibles pour permettre l'emploi d'un test statistique				
<b>Porc-épic d'Amérique</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	6,82 (± 1,85)	4,33 (± 1,84)	40,5	0,48	Non O > O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	0,36 (± 0,15)	1,0 (± 0,82)	32	0,95	Non O ≈ O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de	9,9 % (± 5,5 %)	9,7 % (± 6,6 %)	31	0,95	Non O ≈ O : n.s.



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)					
<b>Renard roux</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	2,1 (± 1,1)	1,5 (± 1,1)	33,5	1	Non O ≈ O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	0,545 (± 0,25)	0,0	45	0,12	Non O > O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	49 % (± 21,2 %)	0,0 %	13,5	0,079 .	Non O > O : .
<b>Marmotte commune</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	49 (± 23,4)	160,5 (± 94,8)	18,5	0,16	Non O < O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	26 (± 13,4)	63,3 (± 44,2)	29,5	0,76	Non O < O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	39,6 % (± 9,1 %)	23 % (± 9 %)	41,5	0,42	Non O > O : n.s.
<b>Mouffette rayée</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	20,9 (± 10,5)	1,17 (± 0,54)	40	0,497	Non O > O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	1,1 (± 0,8)	0,0	42	0,2	Non O > O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	20,3 % (± 6,6 %)	12 % (± 12 %)	32	0,39	Non O > O : n.s.
<b>Lièvre d'Amérique</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	20,9 (± 10,5)	1,17 (± 0,54)	40	0,50	Non O > O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	1,1 (± 0,8)	0,0	42	0,20	Non O > O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	2,2 % (± 1,5 %)	0,0 %	15	0,26	Non O > O : n.s.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Rat musqué commun</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	19,1 (± 10,4)	0,5 (± 0,34)	58,5	0,0097**	Non O > O : **
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	3,2 (± 2,2)	0,0	45	0,12	Non O > O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	14 % (± 9 %)	0,0 %	15	0,40	Non O > O : n.s.
<b>Vison d'Amérique</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	39,2 (± 10,4)	19,7 (± 9,3)	43,5	0,31	Non O > O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	15 (± 5,1)	3,3 (± 1,4)	53,5	0,044*	Non O > O : *
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	43,6 % (± 6,7 %)	15 % (± 6,5 %)	58	0,014*	Non O > O : *
<b>Écureuil roux</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	35,7 (± 18,9)	241,2 (± 150,6)	28	0,65	Non O < O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	11,5 (± 10,9)	12,7 (± 8,7)	27	0,55	Non O ≈ O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	7,4 % (± 5,6 %)	8,4 % (± 6,7 %)	23	0,85	Non O ≈ O : n.s.
<b>Espèces de <i>Mustela</i></b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	64,5 (± 22,8)	109 (± 26,4)	17	0,12	Non O < O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	17,6 (± 6,6)	13,5 (± 2,1)	30	0,80	Non O ≈ O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	19,6 % (± 4,6 %)	15,6 % (4 %)	39	0,58	Non O ≈ O : n.s.
<b>Tamia rayé</b>					
Nombre moyen de visites	3,4 (± 1,2)	17,3 (± 9,2)	20,5	0,22	Non O < O : n.s.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

par passage (± ET)					
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	0,91 (± 0,62)	1,17 (± 0,83)	32	0,95	Non O ≈ O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	28 % (± 14,4 %)	5,1 % (± 3,4 %)	23,5	0,34	Non O > O : n.s.
<b>Micromammifères</b>					
Nombre moyen de visites par passage (± ET)	428,1 (± 138,4)	565,7 (± 227,2)	24	0,40	Non O ≈ O : n.s.
Nombre moyen de franchissements complets par passage (± ET)	28,9 (± 11,6)	8,3 (± 4,1)	41	0,45	Non O > O : n.s.
Coefficient moyen du nombre de franchissements complets sur le nombre de visites (± ET)	5,3 % (± 1,5 %)	1,25 % (± 0,6 %)	56,5	0,021*	Non O > O : n.s.

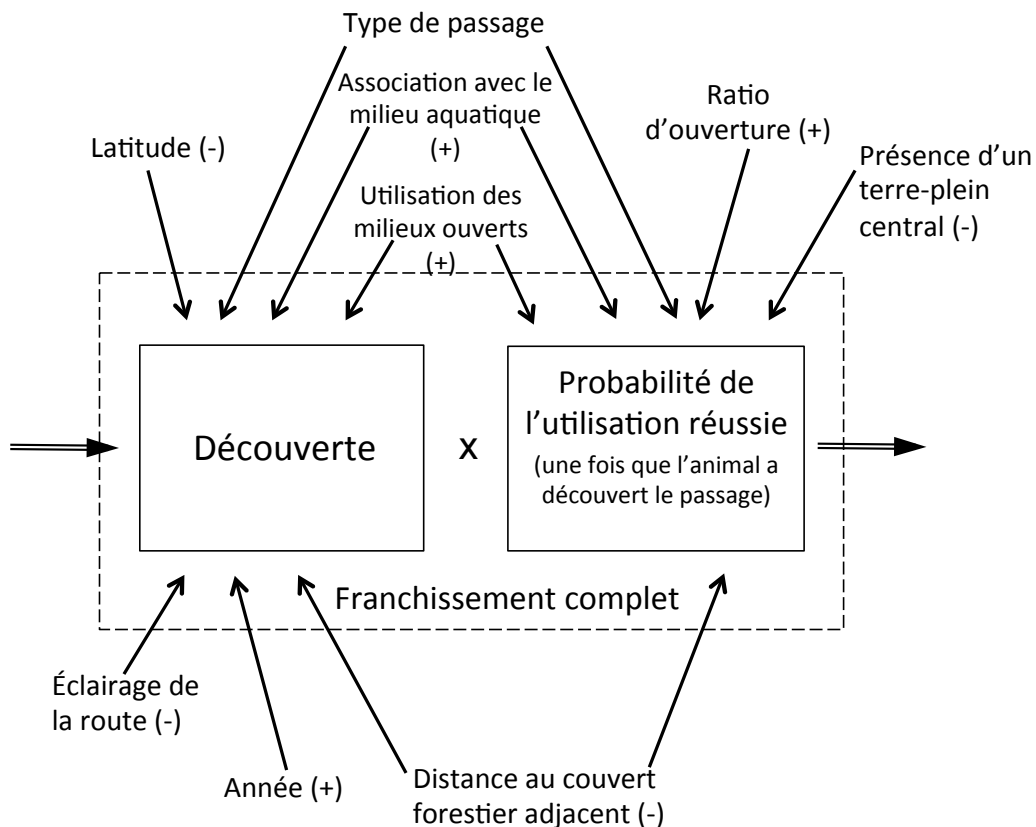
L'information tirée du nombre moyen de découvertes et de franchissements complets par espèce associés aux passages qui comportaient ou non une ouverture au centre (Tableau 4.9) demeure utile. Elle permet d'identifier les espèces dont la présence d'une ouverture au centre peut faire une différence importante (p. ex., vison d'Amérique ou micromammifère quelconque).

#### **4.2.2 Facteurs qui influencent la découverte des passages fauniques**

Afin que les animaux puissent utiliser les passages fauniques, ils doivent d'abord les découvrir. Ensuite, lorsque cette étape est accomplie, ils doivent se déplacer avec succès à l'intérieur de ceux-ci. Nous avons évalué la découverte d'un passage par le nombre de visites captées par les caméras aux entrées des passages. Cependant, le succès d'utilisation des passages fut évalué par le nombre de franchissements complets documentés par rapport à celui des visites. Chaque traversée complète correspond à une découverte suivie par un franchissement complet réussi une fois qu'un animal a pénétré le passage faunique. Nous avons analysé de façon séparée ces deux processus, que sont la visite de ce dernier et un déplacement réussi, puisqu'ils peuvent dépendre de plusieurs facteurs distincts (Fig. 4.27, Tableau 4.10). C'est une méthode utile pour identifier et d'améliorer distinctement les facteurs qui affectent ces deux processus. Par exemple, certains passages peuvent être découverts à de multiples reprises, mais peu utilisés avec succès, tandis que d'autres peuvent être rarement repérés mais toujours empruntés avec succès dès que l'étape de découverte a été réalisée. Les améliorations à apporter aux passages peuvent

différer pour l'une ou l'autre des situations. Un autre avantage d'analyser ces deux étapes de façon séparée consiste à disposer de plus d'information dans les données ainsi recueillies.

Les facteurs « clôture à grande faune » et « masse corporelle » sont retirés de l'analyse (et de la figure 4.27) en raison d'une multicolinéarité avec d'autres facteurs (coefficient de corrélation de Pearson  $r > 0,70$ ) (Martinig et Bélanger-Smith 2016).



**Figure 4.27** Les découvertes (visites) de même que les franchissements complets peuvent être influencées par divers facteurs (Tableau 4.13). Le sens hypothétique de ces relations est représenté par les symboles (+) et (-).

**Tableau 4.10** Caractéristiques des 17 passages fauniques pris en compte lors de l'analyse statistique

Situé au km :	Type	Ratio d'ouverture (m)	Présence d'une ouverture au centre	Distance au couvert forestier adjacent (m)	Présence de lumière artificielle dans les environs	Présence d'une clôture à grande faune
80	PTBét	0,0395	Non	43	Non	Oui
81	PTBois	0,118	Oui	62	Non	Oui
83	PS	0,0155	Non	56	Oui	Oui
84	PS	0,0154	Non	28	Non	Oui
89 <sup>a</sup>	PTBois	0,0512	Oui	32	Non	Oui
89,5 <sup>a</sup>	PTBois	0,153	Non	31,5	Non	Oui
96 <sup>a</sup>	PTBét	0,0899	Oui	41	Non	Oui
98 <sup>a</sup>	PTBét	0,144	Oui	32	Non	Oui
104 <sup>a</sup>	PTBét	0,0803	Non	26	Non	Oui
107 <sup>a</sup>	PS	0,0113	Oui	39	Non	Oui
110 <sup>a</sup>	PTBét	0,0685	Non	70	Non	Oui
122 <sup>a</sup>	PTBét	0,076	Non	30	Oui	Non
124 <sup>a</sup>	PS	0,00441	Non	39,5	Non	Non
125 <sup>a</sup>	PS	0,00397	Non	17,5	Non	Non
133 <sup>a</sup>	PS	0,00756	Non	12	Non	Non
142 <sup>a</sup>	PTBét	0,101	Non	68	Non	Non
143,5 <sup>a</sup>	PTBois	0,667	Oui	64	Non	Non

<sup>a</sup> Ces 13 passages ont également été étudiés en 2011 (voir la section qui porte sur l'objectif 2b).

Des analyses statistiques ont été réalisées sur les découvertes et les franchissements complets à l'aide de modèles globaux en incluant le porc-épic d'Amérique, la marmotte commune, la mouffette rayée, le vison d'Amérique, les espèces de *Mustela*, le rat musqué commun, l'écureuil roux et le tamia rayé. D'autres modèles concernant les mêmes variables d'intérêt ont également été élaborés pour des espèces en particulier (marmotte commune, écureuil roux, vison d'Amérique, espèces de *Mustela* et micromammifères). Cependant, la plupart des espèces n'était pas assez souvent observée pour atteindre une inférence statistique fiable. Les modèles globaux permettaient d'inclure plus de taxons dans l'analyse, une inférence plus générale pour les espèces dont la taille d'échantillon n'était pas assez élevée pour générer des modèles propres à eux. Les micromammifères ont seulement été considérés lors de l'élaboration de leurs propres modèles. Leur inclusion dans des modèles globaux aurait largement dominé l'estimation des paramètres, et celle-ci n'était pas

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

envisageable en raison de la variabilité des traits du cycle biologique au sein de chaque taxon.

Les facteurs pris en compte lors de l'analyse réalisée à l'aide d'un modèle global qui portait sur la découverte des passages fauniques incluaient les suivants (Tableau 4.11) : année en cours de l'étude, type de passage, distance au couvert forestier adjacent, présence d'éclairage des voies publiques, latitude (la localisation aux abords de la route) ainsi que des caractéristiques fonctionnelles spécifiques à l'espèce (utilisation des milieux ouverts de même que l'association avec le milieu aquatique; Tableau 4.12). Ces derniers étaient tous considérés comme des facteurs fixes, alors que le type de ponceau et l'identité de l'espèce étaient considérés comme des variables aléatoires. Les variables associées aux caractéristiques fonctionnelles ont été ajoutées aux analyses afin de permettre une inférence élargie. Quant aux modèles spécifiques aux espèces en particulier qui portaient sur la découverte, ils incluaient : année en cours de l'étude, type de passage, distance au couvert forestier adjacent, présence d'éclairage des voies publiques ainsi que latitude (tous comme des facteurs fixes) et le type de ponceau comme seul effet aléatoire.

**Tableau 4.11 Les 11 facteurs pris en compte lors de l'analyse des passages fauniques et leurs relations hypothétiques** (Tiré de : adapté, d'après Martinig et Bélanger-Smith 2016)

<b>Facteurs</b>	<b>Justification</b>	<b>Intervalle</b>	<b>Sens hypothétique de la relation avec la découverte du passage</b>	<b>Sens hypothétique de la relation avec la probabilité de l'utilisation du passage pour réaliser un franchissement complet</b>
<b><i>Passages</i></b>				
Type de passage	PS : $n = 6$ ; PTBois : $n = 4$ ; PTBét : $n = 7$	PS, PTBois, PTBét	Davantage de découvertes de passages conçus avec un matériel naturel (bois : PTBois) plutôt qu'en béton (PTBét, PS)	Une plus grande utilisation de passages conçus avec un matériel naturel (bois : PTBois) plutôt qu'en béton (PTBét, PS)
Ratio d'ouverture	<u>Ponceau</u> : largeur x hauteur / longueur <sup>a</sup> (en	0,004–0,50	Aucun (non visible, à distance)	Une plus grande utilisation de davantage de passages qui

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	m)			présentaient des ratios d'ouverture plus élevés (+)
Ouverture au centre	Présence d'un espace dégagé au centre du passage : Oui (1), Non (0)	0, 1	Aucun (non visible, à distance)	Une plus faible utilisation de passage qui comporte une ouverture au centre
<b>Habitat et route</b>				
Distance au couvert forestier adjacent	Distance moyenne (en m) qui sépare le passage faunique de la couverture forestière continue la plus proche	6–105	Davantage de découvertes lorsque le couvert forestier se trouve plus près (-)	Une plus grande utilisation lorsque le couvert forestier se trouve plus près (-)
Clôture à grande faune <sup>b,c</sup>	0 = clôture à petite faune, 1 = clôture à petite et large faune	0, 1	Une clôture à grande faune pourrait peut-être rendre la tâche plus difficile afin de découvrir les passages pour certaines espèces	Aucun (ne s'applique pas à l'intérieur des passages)
Éclairage des voies publiques	Présence d'éclairage adjacent au passage : Oui (1), Non (0)	0, 1	La lumière artificielle peut décourager la découverte des passages	Aucun (ne s'applique pas à l'intérieur des passages)
Latitude	Localisation du passage (en km) le long de la route	80–144	Une faible élévation et des températures plus élevées au sud peuvent donner lieu à davantage de découvertes (-)	Aucun (ne s'applique pas à l'intérieur des passages)
<b>Caractéristiques fonctionnelles propres aux espèces</b>				
Masse corporelle <sup>b,d</sup>	Log <sub>10</sub> de la masse corporelle moyenne (en g)	1,98–3,78	Davantage de découvertes par de plus gros animaux en raison de distances plus élevées en	Une plus grande utilisation par les animaux en raison des besoins supérieurs en matière de déplacement

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

			déplacement	
Utilisation des milieux ouverts	Évitement (0) ou utilisation (1) de milieux ouverts	0, 1	Davantage de découvertes par les espèces qui utilisent les milieux ouverts	Une plus grande utilisation par les espèces qui pénètrent les milieux ouverts
Association avec le milieu aquatique	Évitement (0) ou adoption d'un comportement avec l'eau (1)	0, 1	Davantage de découvertes par les espèces qui suivent les cours d'eau	Une plus grande utilisation par les espèces qui suivent les cours d'eau
<b>Année de l'étude</b>	Année en cours pendant laquelle l'étude était réalisée	2012–2015	Davantage de découvertes dans les dernières années en raison de l'accoutumance aux passages	Une plus grande utilisation dans les dernières années en raison de l'accoutumance aux passages

<sup>a</sup> Reed et Ward (1985)

<sup>b</sup> retirée de l'analyse en raison de multicolinéarité (coefficient de corrélation de Pearson  $r > 0,7$ )

<sup>c</sup> corrélait avec la *Localisation*

<sup>d</sup> tirée de : Naughton (2012), corrélait avec l'utilisation des milieux ouverts

**Tableau 4.12 Les deux caractéristiques fonctionnelles prises en compte lors de l'analyse statistique.** Les espèces sont ordonnées par valeurs décroissantes de masse corporelle

<b>Espèce</b>	<b>Utilisation des milieux ouverts</b>	<b>Association avec le milieu aquatique</b>
Porc-épic d'Amérique	X	–
Marmotte commune	X	–
Mouffette rayée	X	X
Lièvre d'Amérique	–	–
Rat musqué commun	–	X
Vison d'Amérique	–	X
Écureuil roux	–	–
Espèces de <i>Mustela</i>	–	–
Tamia rayé	–	–

Lors de la modélisation statistique, l'année de l'étude était incluse en tant que variable (facteur fixe) (Tableau 4.11). Puisque la première et la quatrième année ne s'avéraient pas complètes, les nombres de mois suivants étaient plutôt utilisés pour chacune :

Année 1 : 7 mois (du 30 mai au 31 décembre),

Année 2 : 12 mois,



Année 3 : 12 mois,

Année 4 : 8 mois (du 1<sup>er</sup> janvier au 20 août).

Elles incluaient dans les cas l'ensemble de la saison estivale, une période de forte utilisation. Cependant, il manquait la saison hivernale et un mois de printemps lors de l'année 1 et deux mois d'automne et d'hiver pendant l'année 4. Nous considérons que cette situation n'a entraîné peu d'effets les résultats d'analyses puisque qu'il y a eu beaucoup plus de visites lors de la première année que les années subséquentes.

Les variables explicatives étaient évaluées pour leur multicolinéarité tandis que celles fortement corrélées (coefficient de corrélation de Pearson  $r > 0,7$ ) étaient retirées de l'analyse (Tableau 4.11). La décision à prendre afin de déterminer lesquelles des variables devaient être retenues était fondée sur des prédictions biologiquement pertinentes. La présence d'une ouverture au centre et le ratio d'ouverture n'ont pas été intégrées au modèle sur la découverte, parce que ces facteurs fixes ne devaient pas influencer la visite d'une entrée de passage puisque ceux-ci n'étaient pas visibles à distance. Un modèle linéaire à effets mixtes était le mieux adapté pour une variable comme la découverte puisque les données satisfaisaient à l'hypothèse gaussienne d'une répartition des résidus après une transformation logarithmique et il permettait d'examiner les effets fixes et aléatoires. Une simplification et une sélection des modèles n'ont pas été menées, car les modèles statistiques ont été construits avec le peu de variables biologiquement pertinentes. L'ajustement du modèle était évalué à l'aide des coefficients de détermination  $R^2$  marginal (proportion de variances expliquée par les facteurs fixes) et conditionnel (proportion de variances expliquée par les effets aléatoires) (Nakagawa et Schielzeth 2013). L'analyse statistique était réalisée à l'aide du logiciel R (version 3.1.3, 2015) de même que des progiciels « lme4 » et « lsmeans » (Bates et coll. 2015; Lenth 2015).

Les résultats concernant la découverte des passages fauniques peuvent être résumés comme suit (Tableaux 4.13 et 4.14) :

Modèle global :

- le nombre de découvertes décroissait avec les années (-);
- le nombre de découvertes s'accroissait pour les passages localisés plus au nord (+);
- toutefois, il n'était pas lié de façon significative au type de passage (mais les estimations à la fois pour les PS et les PTBois s'avéraient supérieures à celles pour les PTBét), à la distance du passage au couvert forestier adjacent, à la présence d'éclairage sur les voies publiques, ou aux espèces qui n'utilisaient pas les milieux ouverts ou encore celles n'ayant pas d'attrance envers les milieux aquatiques.

Marmotte commune :

- le nombre de découvertes augmentait pour les passages localisés plus au nord (+);
- toutefois, le nombre n'était pas affectée de façon significative par le type de passage (mais les estimations à la fois pour les PS et les PTBois s'avéraient supérieures à celles pour les PTBét), les années, la distance du passage au couvert forestier adjacent et la présence d'éclairage sur les voies publiques.

Vison d'Amérique :

- le nombre de découvertes diminuait avec les années (-);
- toutefois, il n'était pas affecté de façon significative par le type de passage, la distance du passage au couvert forestier adjacent, la présence d'éclairage sur les voies publiques et la localisation le long de la route.

Espèces de *Mustela* :

- le nombre de découvertes décroissait avec l'année en cours de l'étude qui augmentait (-);
- toutefois, les découvertes n'étaient pas affectées de façon significative par le type de passage (mais les estimations pour les PS s'avéraient supérieures à celles pour les PTBét; alors que pour les PTBois, elles se trouvaient entre les deux), la distance du passage au couvert forestier adjacent, la présence d'éclairage sur les voies publiques et la localisation le long de la route.

Écureuil roux :

- les passages de type « PTBois » étaient découverts davantage que les PTBét;
- aucune différence significative n'existait en ce qui a trait aux découvertes entre les « PS » ainsi qu'à la fois les PTBois et les PTBét;
- le nombre de découvertes diminuait avec les années (-);
- toutefois, le nombre de découvertes n'était pas affecté de façon significative par la distance du passage au couvert forestier adjacent, la présence d'éclairage sur les voies publiques et la localisation le long de la route.

Micromammifères :

- les passages de type « PS » faisait l'objet d'un plus grand nombre de découvertes que les deux autres types de passage;
- le nombre de découvertes diminuait avec les années (-);
- toutefois, ils n'étaient pas affectés de façon significative par la distance du passage au couvert forestier adjacent, la présence d'éclairage sur les voies publiques et la localisation le long de la route.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau 4.13 Estimation des paramètres à partir du modèle global linéaire mixte (ddl = 9), le nombre de découvertes des passages fauniques étant identifié en tant que variable dépendante (n = 6093). (ET = erreur-type, IC = intervalle de confiance). (Tiré de : adapté, d'après Martinig et Bélanger-Smith 2016)**

Variable	Estimation	ET	Test t	$\chi^2$	IC à 2,5 %	IC à 97,5 %	Valeur p
Passage PTBois <sup>a</sup>	0,91	0,57	1,60	–	-0,067	1,90	0,25
Passage PS <sup>a</sup>	1,03	0,48	2,14	–	0,020	1,85	0,083 .
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	0,11	0,60	0,19	–	-0,91	1,14	0,98
Distance du passage au couvert forestier adjacent	-0,015	0,015	-0,96	0,92	-0,041	0,012	0,34
Éclairage des voies publiques	-0,30	0,79	-0,37	0,14	-1,66	1,07	0,71
Latitude	0,027	0,010	2,67	7,11	0,0096	0,44	0,0077**
Utilisation des milieux ouverts	0,084	0,97	0,086	0,0074	-1,66	1,83	0,93
Association avec le milieu aquatique	-0,30	0,97	-0,31	0,098	-2,05	1,44	0,75
Année de l'étude	-0,22	0,063	-3,49	12,2	-0,34	-0,096	< 0,001**
	$R^2$ marginal = 0,11				$R^2$ conditionnel = 0,51		

<sup>a</sup> obtenue à partir de comparaison par paires

**Tableau 4.14 Estimation des paramètres à partir du modèle linéaire mixte (ddl = 7), le nombre de découvertes des passages fauniques étant identifié en tant que variable dépendante pour la marmotte commune (n = 1502), le vison d'Amérique (n = 549), les espèces de *Mustela* (n = 1364), l'écureuil roux (n = 1840) et les micromammifères (n = 8103). (ET = erreur-type, IC = intervalle de confiance). (Tiré de : adapté, d'après Martinig et Bélanger-Smith 2016)**

Variable	Estimation	ET	Test t	$\chi^2$	IC à 2,5 %	IC à 97,5 %	Valeur p
Marmotte commune							
Passage PTBois <sup>a</sup>	1,74	1,05	1,66	–	-0,013	3,49	0,22
Passage PS <sup>a</sup>	1,83	0,88	2,08	–	0,036	3,31	0,095 .
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	0,093	1,10	0,085	–	-1,74	1,92	0,996
Distance du passage	0,037	0,028	1,31	1,72	-0,010	0,084	0,19

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

au couvert forestier adjacent							
Éclairage des voies publiques	-1,50	1,46	-1,03	1,06	-3,94	0,93	0,30
Latitude	0,063	0,019	3,394	11,5	0,032	0,094	< 0,001 ***
Année de l'étude	-0,12	0,15	-0,76	0,58	-0,42	0,19	0,45
	$R^2$ marginal = 0,42				$R^2$ conditionnel = 0,69		
Vison d'Amérique							
Passage PTBois <sup>a</sup>	0,88	1,01	0,87	–	-0,81	2,57	0,66
Passage PS <sup>a</sup>	-0,63	0,85	-0,75	–	-2,06	0,79	0,74
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	-1,51	1,06	-1,43	–	-3,28	0,25	0,32
Distance du passage au couvert forestier adjacent	-0,040	0,027	-1,46	2,13	-0,085	0,0058	0,14
Éclairage des voies publiques	-0,74	1,40	-0,53	0,28	-3,09	1,61	0,60
Latitude	0,019	0,018	1,05	1,09	-0,011	0,049	0,30
Année de l'étude	-0,31	0,15	-2,00	4,01	-0,61	-0,0039	0,045*
	$R^2$ marginal = 0,23				$R^2$ conditionnel = 0,57		
Espèces de <i>Mustela</i>							
Passage PTBois <sup>a</sup>	1,09	1,04	1,05	–	-0,64	2,82	0,54
Passage PS <sup>a</sup>	1,92	0,87	2,21	–	0,047	3,37	0,070 .
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	0,83	1,08	0,77	–	-0,97	2,63	0,72
Distance du passage au couvert forestier adjacent	-0,014	0,028	-0,51	0,26	-0,060	0,032	0,61
Éclairage des voies publiques	-0,50	1,44	-0,35	0,12	-2,90	1,90	0,73
Latitude	-0,0019	0,018	-0,104	0,011	-0,032	0,029	0,92
Année de l'étude	-0,46	0,14	-3,37	11,4	-0,72	0,19	< 0,001 ***
	$R^2$ marginal = 0,27				$R^2$ conditionnel = 0,66		
Écureuil roux							
Passage PTBois <sup>a</sup>	4,45	1,47	3,02	–	1,99	6,90	0,0071* *
Passage PS <sup>a</sup>	2,19	1,24	1,77	–	-0,12	4,25	0,18
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	-2,26	1,53	-1,47	–	-4,82	0,30	0,30
Distance du passage au couvert forestier	-0,019	0,039	-0,47	0,22	-0,085	0,047	0,64

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

adjacent							
Éclairage des voies publiques	-0,33	2,04	-0,16	0,026	-3,74	3,08	0,87
Latitude	0,026	0,026	0,99	0,99	-0,018	0,069	0,32
Année de l'étude	-0,37	0,14	-2,71	7,34	-0,64	-0,099	0,0067* *
	$R^2$ marginal = 0,36				$R^2$ conditionnel = 0,82		
Micromammifères							
Passage PTBois <sup>a</sup>	0,82	0,65	1,25	–	-0,27	1,90	0,42
Passage PS <sup>a</sup>	2,53	0,55	4,60	–	1,61	3,44	< 0,001 ***
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	1,71	0,68	2,51	–	0,57	2,85	0,032*
Distance du passage au couvert forestier adjacent	0,018	0,018	1,04	1,09	-0,011	0,048	0,30
Éclairage des voies publiques	-0,29	0,91	-0,32	0,10	-1,80	1,23	0,75
Latitude	0,016	0,012	1,38	1,90	-0,0033	0,035	0,17
Année de l'étude	-0,747	0,12	-6,30	39,7	-0,98	-0,51	< 0,001 ***
	$R^2$ marginal = 0,52				$R^2$ conditionnel = 0,67		

<sup>a</sup> obtenue à partir de comparaisons paires

#### **4.2.3 Facteurs qui influencent l'utilisation des passages fauniques**

Les facteurs pris en compte lors de l'analyse grâce à un modèle global qui portait sur la probabilité d'un franchissement complet une fois le passage découvert incluaient les suivants (Fig. 4.27) : type de passage, ouverture, présence d'une ouverture au centre, distance au couvert forestier adjacent ainsi que des caractéristiques fonctionnelles spécifiques à l'espèce (utilisation des milieux ouverts et association au milieu aquatique; Tableau 4.12). Ces derniers étaient tous considérés comme des facteurs fixes, alors que le type de ponceau et l'espèce l'étaient comme des effets aléatoires. Ce modèle global a été établi en incluant les données associées aux espèces suivantes : porc-épic d'Amérique, marmotte commune, mouffette rayée, vison d'Amérique, espèces de *Mustela*, rat musqué commun, écureuil roux et tamia rayé. Les modèles spécifiques aux espèces portant sur les franchissements complets incluaient les variables suivantes: type de passage, ouverture, présence d'une ouverture au centre, distance au couvert forestier adjacent (tous comme des facteurs fixes) et type de ponceau comme seul effet aléatoire. Une fois qu'un animal atteint l'entrée, il peut traverser ou s'en astreindre. Un événement était classé comme une « incursion » lorsqu'un animal est entré et sorti devant la même caméra et

comme « indéterminé » lorsque sa présence soit uniquement constatée par une seule caméra. Afin qu'un franchissement de passage soit qualifié de complet, un individu de la même espèce doit avoir été vu se déplaçant dans la même direction à l'aide d'au moins deux caméras distinctes. Les deux photos doivent avoir été prises à l'intérieur d'un intervalle de dix minutes tout au plus. Une régression logistique appliquée par un modèle linéaire généralisé mixte convenait pour un traitement adéquat des données, car cet outil permettait l'emploi d'une variable dépendante (franchissement complet) qui suit une loi binomiale avec des effets fixes et aléatoires.

Les résultats qui se rapportent au franchissement complet des passages fauniques, une fois que l'animal les découvre, peuvent être résumés comme suit (Tableaux 4.15 et 4.16) :

Modèle global :

- les passages qui comportaient une ouverture au centre étaient traversés (une fois découverts) moins souvent que ceux qui en étaient dépourvus (-);
- les franchissements étaient plus fréquents pour les passages présentant des ratios d'ouverture plus élevés (+);
- toutefois, leur nombre n'était pas relié de façon significative par le type de passage, la distance au couvert forestier adjacent, aux espèces de milieux ouverts, ou aux espèces associées au milieu aquatique.

Marmotte commune :

- les passages de type « PS » étaient franchis plus souvent que les PTBois et les PTBét;
- aucune différence significative n'existait en ce qui a trait aux franchissements complets des PTBois et les PTBét;
- les franchissements complets demeuraient plus fréquents pour les passages présentant un ratio d'ouverture plus élevé (+);
- les passages qui comportaient une ouverture au centre étaient traversés complètement moins souvent que ceux qui en étaient dépourvus (-);
- toutefois, le nombre de franchissements complets n'était pas affecté de façon significative par la distance au couvert forestier adjacent.

Vison d'Amérique :

- les passages qui comportaient une ouverture au centre étaient traversés moins souvent que ceux qui en étaient dépourvus (-);
- toutefois, le nombre de traversées complétés avec succès n'était pas associé de façon significative au type de passage, au ratio d'ouverture et à la distance au couvert forestier adjacent.

Espèces de *Mustela* :

- le nombre de franchissements complets était plus élevée pour les passages présentant un ratio d'ouverture plus élevé (+);

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

- les passages qui comportaient une ouverture au centre étaient traversés moins souvent que ceux qui en étaient dépourvus (-);
- toutefois, les nombres de franchissement complets n'étaient pas relisés de façon significative par le type de passage et la distance au couvert forestier adjacent.

Écureuil roux :

- Les traversées complètes des passages étaient plus fréquentes pour passages disposant de ratios d'ouverture plus élevés (légèrement significatif) (+);
- toutefois, le nombre n'était pas affecté de façon significative par le type de passage, la présence d'une ouverture au centre et la distance au couvert forestier adjacent.

**Tableau 4.15 Estimation des paramètres à partir du modèle global linéaire généralisé mixte (ddl = 8), le nombre de franchissements complets des passages fauniques (une fois que l'animal les a découverts) étant identifié en tant que variable dépendante (n = 6093). (ET = erreur-type, IC = intervalle de confiance). (Tiré de : adapté, d'après Martinig et Bélanger-Smith 2016)**

<b>Variable</b>	<b>Estimation</b>	<b>ET</b>	<b>Valeur z</b>	<b>IC à 2,5 %</b>	<b>IC à 97,5 %</b>	<b>Valeur p</b>
Passage PTBois <sup>a</sup>	-0,34	0,31	-1,09	-0,95	0,27	0,27
Passage PS <sup>a</sup>	0,34	0,25	1,40	-0,14	0,83	0,16
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	0,69	0,25	1,98	0,0047	1,37	0,12
Ratio d'ouverture	2,63	0,79	3,35	1,09	4,17	< 0,001***
Ouverture au centre	-1,08	0,25	-4,29	-1,57	-0,59	< 0,001***
Distance au couvert forestier adjacent	-0,0057	0,0069	-0,82	-0,019	0,0079	0,41
Utilisation des milieux ouverts	0,62	0,53	1,18	-0,41	1,65	0,24
Association avec le milieu aquatique	0,47	0,52	0,90	-0,56	1,49	0,37
	$R^2$ marginal = 0,17			$R^2$ conditionnel = 0,31		

<sup>a</sup> obtenue à partir de comparaison par paires

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Micromammifères :

- les passages qui comportaient une ouverture au centre étaient utilisés moins souvent pour réaliser des traversées complètes que ceux qui en étaient dépourvus (–);
- toutefois, le nombre de franchissements complets n'était pas lié de façon significative par le type de passage, le ratio d'ouverture du passage et la distance au couvert forestier adjacent.

**Tableau 4.16 Estimation des paramètres à partir du modèle linéaire généralisé mixte (ddl = 6), le nombre de franchissements complets des passages fauniques étant identifié en tant que variable dépendante pour la marmotte commune ( $n = 1502$ ), le vison d'Amérique ( $n = 549$ ), les espèces de *Mustela* ( $n = 1364$ ), l'écureuil roux ( $n = 1840$ ) et les micromammifères ( $n = 8103$ ). (ET = erreur-type, IC = intervalle de confiance). (Tiré de : adapté, d'après Martinig et Bélanger-Smith 2016)**

Variable	Estimation	ET	Test t	IC à 2,5 %	IC à 97,5 %	Valeur $p$
Marmotte commune						
Passage PTBois <sup>a</sup>	0,11	0,32	0,34	-0,52	0,73	0,94
Passage PS <sup>a</sup>	0,95	0,26	3,68	0,44	1,45	< 0,001 ***
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	0,84	0,35	2,41	0,16	1,52	0,042*
Ratio d'ouverture	1,76	0,28	6,31	1,22	2,31	< 0,001 ***
Ouverture au centre	-0,77	0,27	-2,83	-1,30	-0,24	0,0046* *
Distance au couvert forestier adjacent	0,0033	0,0056	0,58	-0,0078	0,014	0,56
	$R^2$ marginal = 0,070			$R^2$ conditionnel = 0,070		
Vison d'Amérique						
Passage PTBois <sup>a</sup>	0,055	0,50	0,11	-0,92	1,03	0,99
Passage PS <sup>a</sup>	-0,41	0,44	-0,94	-1,28	0,45	0,62
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	-0,47	0,60	-0,79	-1,64	0,70	0,71
Ratio d'ouverture	-1,11	2,05	-0,54	-5,12	2,90	0,59
Ouverture au centre	-1,09	0,49	-2,24	-2,05	-0,14	0,025*
Distance au couvert forestier adjacent	-0,0013	0,011	-0,12	-0,023	0,021	0,91
	$R^2$ marginal = 0,051			$R^2$ conditionnel = 0,11		



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Espèces de <i>Mustela</i>						
Passage PTBois <sup>a</sup>	-0,58	0,35	-1,68	-1,26	0,096	0,21
Passage PS <sup>a</sup>	-0,21	0,26	-0,83	-0,71	0,29	0,69
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	0,37	0,38	0,98	-0,37	1,12	0,59
Ratio d'ouverture	3,14	0,81	3,85	1,54	4,74	< 0,001 ***
Ouverture au centre	-0,97	0,26	-3,67	-1,49	-0,45	< 0,001 ***
Distance au couvert forestier adjacent	-0,011	0,0079	-1,43	-0,027	0,0042	0,15
	$R^2$ marginal = 0,11		$R^2$ conditionnel = 0,12			
Écureuil roux						
Passage PTBois <sup>a</sup>	0,83	2,25	0,37	-3,57	5,23	0,93
Passage PS <sup>a</sup>	1,08	1,58	0,68	-2,03	4,18	0,78
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	0,24	1,88	0,13	-3,44	3,93	0,99
Ratio d'ouverture	5,25	2,90	1,81	-0,42	10,9	0,070 .
Ouverture au centre	-1,56	1,86	-0,84	-5,20	2,09	0,40
Distance au couvert forestier adjacent	0,011	0,037	0,29	-0,063	0,084	0,78
	$R^2$ marginal = 0,092		$R^2$ conditionnel = 0,38			
Micromammifères						
Passage PTBois <sup>a</sup>	0,73	0,71	1,02	-0,67	2,13	0,56
Passage PS <sup>a</sup>	0,70	0,56	1,25	-0,40	1,81	0,42
Comparaison PS / PTBois <sup>a</sup>	-0,027	0,74	-0,036	-1,46	1,40	0,999
Ratio d'ouverture	-1,01	1,75	-0,58	-4,43	2,41	0,56
Ouverture au centre	-1,53	0,56	-2,75	-2,62	-0,44	0,0061* *
Distance au couvert forestier adjacent	0,0032	0,015	0,21	-0,026	0,032	0,83
	$R^2$ marginal = 0,16		$R^2$ conditionnel = 0,28			

<sup>a</sup> obtenue à partir de comparaisons pairées

#### **4.2.4 Analyse des données existantes du MTMDET sur l'utilisation des passages fauniques entre 2009 et 2011**

Au moins 20 espèces de mammifères de petite et moyenne taille ont franchi avec succès un passage faunique en 2011 (Tableau 4.17). Cependant, six autres espèces avaient été observées explorant les passages en 2009-2010, mais elles n'avaient pas réalisé de franchissement complet (Tableau 4.18), et il

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

est possible que ces espèces aient été attirées près des passages par la seule présence d'appâts. La martre d'Amérique figure parmi ces espèces n'ayant pas franchi avec succès des passages entre 2009 et 2011.

**Tableau 4.17 Liste des espèces ayant effectué un franchissement complet d'un ou de plusieurs passages parmi les 13 disponibles en 2011**

French	English	Latin	Code
Campagnol spp.	Vole and bog lemming species	<i>Arvicolinae</i>	ARVI
Chauve-souris spp.	Bat species	various	BAT SPP.
Castor du Canada	North American beaver	<i>Castor canadensis</i>	CACA
Porc-épic d'Amérique	North American Porcupine	<i>Erethizon dorsatum</i>	ERDO
Loutre de rivière	River otter	<i>Lontra canadensis</i>	LOCA
Lièvre d'Amérique	Snowshoe hare	<i>Lepus americanus</i>	LEAM
Marmotte commune	Woodchuck	<i>Marmota monax</i>	MAMO
Mouffette rayée	Striped skunk	<i>Mephitis mephitis</i>	MEME
Hermine	Ermine	<i>Mustela erminea</i>	MUER
Belette à longue queue	Long-tailed weasel	<i>Mustela frenata</i>	MUFR
Vison d'Amérique	American mink	<i>Neovison vison</i>	NEVI
<i>Mustela</i> spp.	Weasel species	<i>Musstela</i> spp.	MUXX
Rat musqué commun	Common muskrat	<i>Ondatra zibethicus</i>	ONZI
Souris spp.	Mice species	<i>Peromyscus</i>	PERO
Raton laveur	Raccoon	<i>Procyon lotor</i>	PRLO
Musaraigne spp.	Shrew spp.	<i>Sorex</i> spp.	SOXX
Écureuil roux	Red squirrel	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>	TAHU
Tamia rayé	Eastern chipmunk	<i>Tamias striatus</i>	TAST
Renard roux	Red fox	<i>Vulpes vulpes</i>	VUVU
Souris sauteuse spp.	Meadow / Woodland jumping mouse	<i>Zapus hudsonius</i> / <i>Napaeozapus insignis</i>	ZAHU

**Tableau 4.18 Autres espèces ayant exploré les entrées des passages fauniques en 2009-2010, mais non en 2011 (les individus n'ont pas réalisé de franchissement complet)**

French	English	Latin	Code
Grand polatouche	Northern flying squirrel	<i>Glaucomys sabrinus</i>	GLSA
Lynx du Canada	Lynx	<i>Lynx canadensis</i>	LYCA
Martre d'Amérique	American marten	<i>Martes americana</i>	MAAM

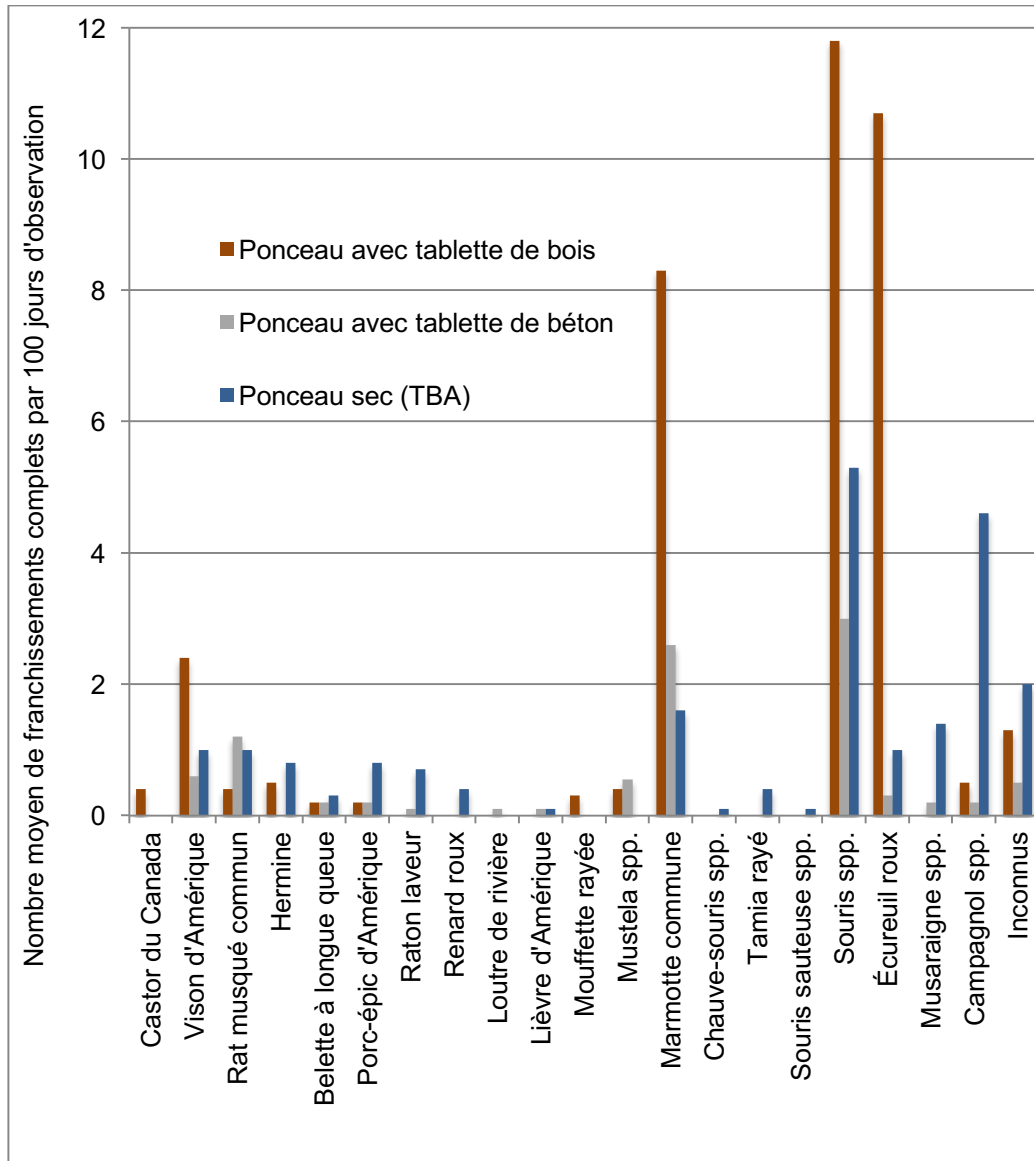
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Pékan	Fisher	<i>Martes pennanti</i>	<b>MAPE</b>
Musaraigne cendrée	Masked shrew	<i>Sorex cinereus</i>	<b>SOCI</b>
Ours noir	North American black bear	<i>Ursus americanus</i>	<b>URAM</b>

Les résultats présentés ci-dessous concernent uniquement les individus qui ont réalisé un franchissement complet. Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe C.

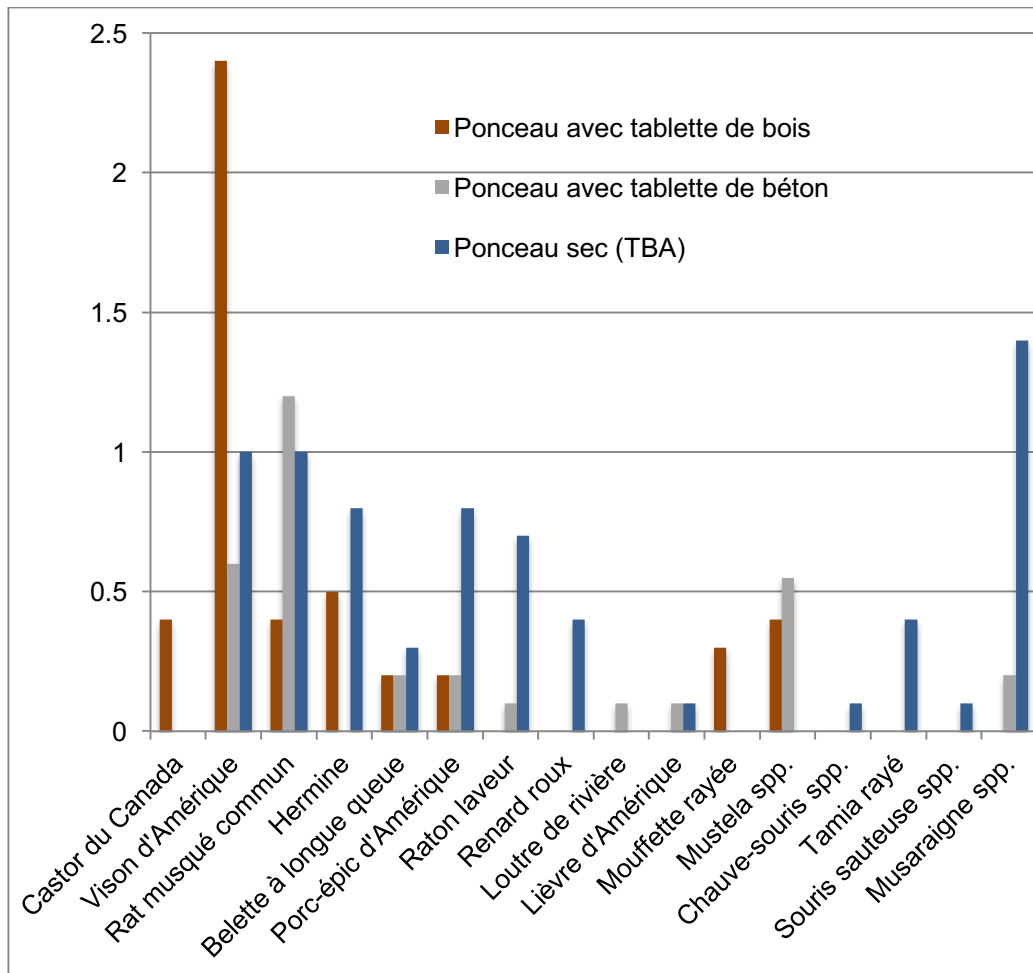
*Principaux résultats :* Quels types de passage sont propices à toutes les espèces? Les figures 4.28 et 4.29 apportent des réponses à cette question. Les ponceaux secs (tuyaux de béton armé) sont utilisés par le vison, le rat musqué, l'hermine, la belette à longue queue, le porc-épic, le renard roux, le raton laveur, le lièvre d'Amérique, la marmotte commune, l'écureuil roux, les souris, les musaraignes de même que les espèces de campagnols. Dans les aires où les tuyaux de béton armé sont déjà installés le long des routes, il faut envisager l'installation de plusieurs ponceaux avec pied sec de type tablette en bois afin de permettre les traversées du castor. Le vison et l'écureuil roux semblent être également plus susceptibles d'utiliser ce dernier type de passage. Dans les aires où les tuyaux de béton armé ainsi que les ponceaux avec pied sec de type tablette en bois sont présents, toutes les espèces sont susceptibles de les utiliser à l'exception de la loutre de rivière. Dans les faits, les seules espèces qui semblent préférer les ponceaux avec tablette de béton aux autres types de passage sont la loutre de rivière et le rat musqué commun. Cependant, la taille de l'échantillon concernant la présence de loutres de rivière à proximité de passage est seulement d'un individu. Pour cette raison, cette conclusion n'est pas fiable. D'ailleurs, seul un franchissement complet (passage de type PS au km 124) a été observé pour la loutre de rivière dans les 18 passages suivis entre 2012 et 2015 (ces arguments ne tiennent pas compte de la présence ou non d'une ouverture au centre du passage.)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.28** Nombre moyen d'individus par 100 jours d'observation pour les trois types de passages fauniques en 2011 (franchissements complets)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 4.29** Nombre moyen d'individus par 100 jours d'observation pour les trois types de passages fauniques en 2011 (franchissements complets), pour les espèces avec moins de 2,5 traversées complètes pour la même période de temps (pour faciliter la visualisation de ces résultats; les mêmes nombres qu'en Fig. 4.28)

Les tuyaux de béton armé sont susceptibles d'être fréquentés par un plus grand nombre d'espèces fauniques et ils devraient être choisis en premier lieu, de préférence en combinaison avec des passages fauniques avec pied sec de type tablette en bois (voir section 6. Recommandations). Les ponceaux avec pied sec de type tablette de béton semblent les moins utilisés, mais ils pourraient être nécessaires pour la loutre de rivière. Ainsi, les passages de type PS et ceux passages avec pied sec de type tablette en bois devraient être installés plus souvent. Au fait, certains passages avec pied sec de type tablette en béton pourraient être améliorés en recouvrant la surface des tablettes en béton avec du bois.

### 4.3 Objectif 3 - Perméabilité de la route pour les individus et flux génétique de part et d'autre de la route pour la martre d'Amérique

#### 4.3.1 Traversées de la route

À la fin de notre étude étalée sur trois ans, nous avons constaté qu'entre 7 et 27 % des martres munies de colliers émetteurs avaient franchi la route 175 (Tableau 4.19). Cet écart découle de la somme de données recueillies chez quatre individus distincts franchissant le côté opposé de la route. Toutefois, nous pouvons authentifier la traversée d'une seule martre par ses propres moyens. Un animal a été retrouvé mort. Un autre semblait être mort de l'autre côté de la route, mais nous n'avons jamais pu récupérer le corps ni le collier. Finalement, un quatrième a été capturé par un trappeur à plus de 25 km vers le sud.

**Tableau 4.19 Pourcentage des martres qui ont franchi chaque route.** \* qui inclut la martre translocalisée. \*\* Une des 12 martres munies d'un collier (B01) n'a jamais été repérée à nouveau, donc, il n'y avait qu'un seul emplacement pour elle (par conséquent, nous prenons 11 comme dénominateur).

Route	Nombre de martres qui ont effectué des franchissements routiers vs nombre total de martres observées	Ratio du nombre de martres qui ont franchi la route
175	1/15 – 4/15	7 % - 27 %
175*	2/16 – 5/16	13 % - 31 %
381**	6/11	55 %

Ce nombre de franchissements routiers augmente de 1 si nous ajoutons également la martre translocalisée (A08), qui a traversé à 11 reprises les quatre voies après sa translocation et une des deux chaussées (deux voies seulement) à 9 reprises pour atteindre le terre-plein central. Les données associées à cet individu sont importantes car elles démontrent que les martres sont aptes à franchir une route à quatre voies, particulièrement lorsque les deux chaussées sont séparées par un terre-plein central suffisamment large à certains endroits pour pouvoir traverser une première chaussée et l'autre chaussée plus tard.

Le pourcentage de martres franchissant la route 381 était beaucoup plus élevé (55 %). Ce résultat indique que la route à deux chaussées est une barrière plus importante que celle à une chaussée, même si le franchissement routier de la première est atténué par des passages à faune tandis que l'autre ne l'est pas.

#### 4.3.2 Surveillance et enlèvement des colliers

Lors des dernières séances de l'été 2014, celles planifiées pour la recapture à l'automne 2014, et aussi celles de l'été 2015, nous avons procédé à un examen approfondi des martres recapturées afin de déceler toute plaie causée par les colliers (Annexe F). Pour les martres affectées, le collier a été retiré et les plaies au cou ont été traitées avec du Dexidin<sup>®</sup> et du Polysporin<sup>MD</sup>. Nous avons ensuite recouvert le tout d'une gaze qui était maintenue en place par un ruban adhésif de type médical. Lors des séances de recapture R1-R4, nous avons pu mener un examen de suivi sur 3 des 7 martres traitées et elles se sont toutes remises de leurs plaies causées par le port du collier émetteur.

Plusieurs martres étaient portées disparues parce que nous n'étions pas en mesure de les recapturer ou bien parce que le collier avait arrêté de fonctionner, ce qui nous empêchait de retrouver leur corps (voir Annexe F). Une des martres munies d'un collier (A10) a été retrouvée morte lors des dernières séances. Sa carcasse n'a pu être récupérée, car elle se trouvait sous la surface gelée d'une rivière. Une autre, B03, a été capturée par un trappeur dans la zec des Martres. Il n'a remarqué aucune plaie au cou de l'animal. La martre A11 fut capturée à plusieurs kilomètres au sud du Camp Mercier et le trappeur a signalé qu'elle était sévèrement blessée. Nous n'avons cependant pas été en mesure de recapturer et d'évaluer les 6 martres toujours actives chez qui nous avons posé un collier avant les séances prévues (trois individus à chaque site). Deux martres munies d'un collier (A15 et A16) ont été capturées à l'emplacement de la route 175 au cours de la séance de recapture R2, puis elles ont fait l'objet d'un suivi lors de la R4. Aucune des deux martres ne montrait de signes d'inconfort, d'usure de sa fourrure ou d'apparence de plaie. Lors de la séance de recapture R3, nous avons posé un collier à deux nouvelles martres (B11 et B12) capturées à l'emplacement de la route 381. Toutefois, nous n'avons pas eu l'occasion de réexaminer ces dernières. Étant donné que la pose du collier émetteur s'est effectuée de la même manière que sur les deux martres piégées à proximité de la route 175, nous sommes persuadés que les bêtes n'éprouvaient pas de difficultés avec le dispositif.

Lors des séances 7-9 (en été 2015), nous avons été en mesure de récupérer toutes les martres munies d'un collier mais qui n'émettaient plus de signal dans le secteur d'étude de la route 175. Les individus A16, A15, A02 et A04 ont été retrouvés vivants. La martre A15 était munie d'un collier lors de la séance R2, mais l'a perdu en janvier 2015. Nous avons supposé qu'elle était morte, mais elle était plutôt en très bon état, mais elle fut piégée à proximité de son domaine vital précédent. L'individu A16 a simplement été recapturé aux alentours de son domaine vital établi précédemment. Sur cet animal, il y avait absence de plaies apparentes ou de pertes de poils de fourrure. La martre A04 a été repérée pour la dernière fois en décembre 2014 et elle fut capturée à l'intérieur de son

domaine vital où elle fut précédemment suivie. Néanmoins, une perte importante de poils était visible sous le collier avec apparition de quelques croûtes lâches séchées en absence de plaies ouvertes. L'individu A02 présentait une lésion ouverte profonde du côté de la vis à métaux du collier émetteur ainsi qu'une perte de poils au niveau du reste du cou. Nous avons retiré le collier-émetteur de cette dernière martre. Nous avons traité les plaies des martres blessées avec du Dexidin® et du Polysporin<sup>MD</sup> et ensuite nous les avons recouvert d'une gaze maintenue par un ruban adhésif médical pour prévenir une infection. Les autres animaux se trouvant dans cette zone d'étude avaient déjà été repérés ou retrouvés morts.

Le long de la route 381, nous avons pu recapturer qu'une seule martre (B06). Cela ne fut pas possible pour deux autres munies d'un collier émetteur (B12 et B08). L'individu B06 avait perdu son étiquette d'oreille lors de la recapture. Nous avons donc dû placer une nouvelle étiquette à son oreille droite, car l'autre avait été endommagée par un marquage précédent. Il avait également subi une petite blessure au cou du côté droit. Elle était de gravité modérée, avait une forme circulaire, mesurait 4 mm en diamètre et s'accompagnait d'une perte de poils de fourrure. Nous avons désinfecté la plaie avec du Polysporin<sup>MD</sup> et du Dexidin<sup>MD</sup> avant la pose de bandages comme lors des occasions précédentes. Nous avons recapturé la martre B07, dont la pose du collier avait été effectuée en 2014 pour lui retirer un mois plus tard en raison de ses blessures. Cet individu était en bonne santé et son cou avait l'air en bon état. Nous ne l'avons pas anesthésié pour mener un examen de suivi. Par conséquent, toutes les observations ont été effectuées lorsque l'animal était dans sa cage.

Les protocoles de manipulation des animaux ont été appliqués avec beaucoup de soins et d'attention. Celui élaboré en dernier lieu a été suivi de manière rigoureuse pour éviter les blessures chez les animaux. Ces dernières n'affectent pas seulement la santé et le bien-être de l'organisme, mais aussi peuvent produire des données peu fiables, car elles nécessitent que le collier émetteur doive être retiré avant que les informations utiles soient transmises.

Les corrections apportées à notre protocole sur le terrain confirment que le resserrement excessif des colliers était la cause de la perte de poils de fourrure et de blessures. Malheureusement, nous étions en mesure de poser le dispositif émetteur à seulement quatre martres lors des séances de recapture et de bien gérer la méthode pour deux d'entre elles (A15 et A16), dont l'une avait perdu le sien (A15). Quant à la martre A16, elle ne montrait pas de perte de poils de fourrure ni des blessures de tout genre après avoir porté le collier pendant 9 mois. L'individu A15 était également en parfaite santé; quoiqu'il eût perdu son dispositif en janvier 2015. Ce protocole corrigé montre donc que de laisser le collier juste assez serré afin de lui permettre de rester en place tout en tenant compte de la taille seule du crâne allait lui éviter des blessures. Quant à la



martre A15 (et possiblement B11), elle pourrait avoir perdu son dispositif émetteur parce qu'il n'était pas suffisamment serré. À noter qu'il s'agit d'un dénouement que l'on souhaite davantage pour la pose de collier que l'apparition de blessures (et de données inutilisables).

#### 4.3.3 Domaines vitaux

Nous avons recueilli des données télémétriques sur 28 martres, dont 8 ont eu leur collier retiré ou bien ont été retrouvées mortes avant de pouvoir fournir des résultats utiles et fiables. Nous avons établi qu'un minimum de 30 positions était nécessaire afin de déterminer la superficie des domaines vitaux (DV) des martres sous suivi télémétrique. Le tableau 4.20 présente les domaines vitaux des martres dont le nombre de points est de 30 points ou plus. La taille des domaines vitaux (FK95 %) pour les individus avec plus de 30 positions variait de 3,29 à 16,73 km<sup>2</sup>. Par contre, en incluant les martres dont on disposait de 8 positions et plus, le domaine vital (FK95 %) variait entre 0,15 et 16,73 km<sup>2</sup> (Annexe E).

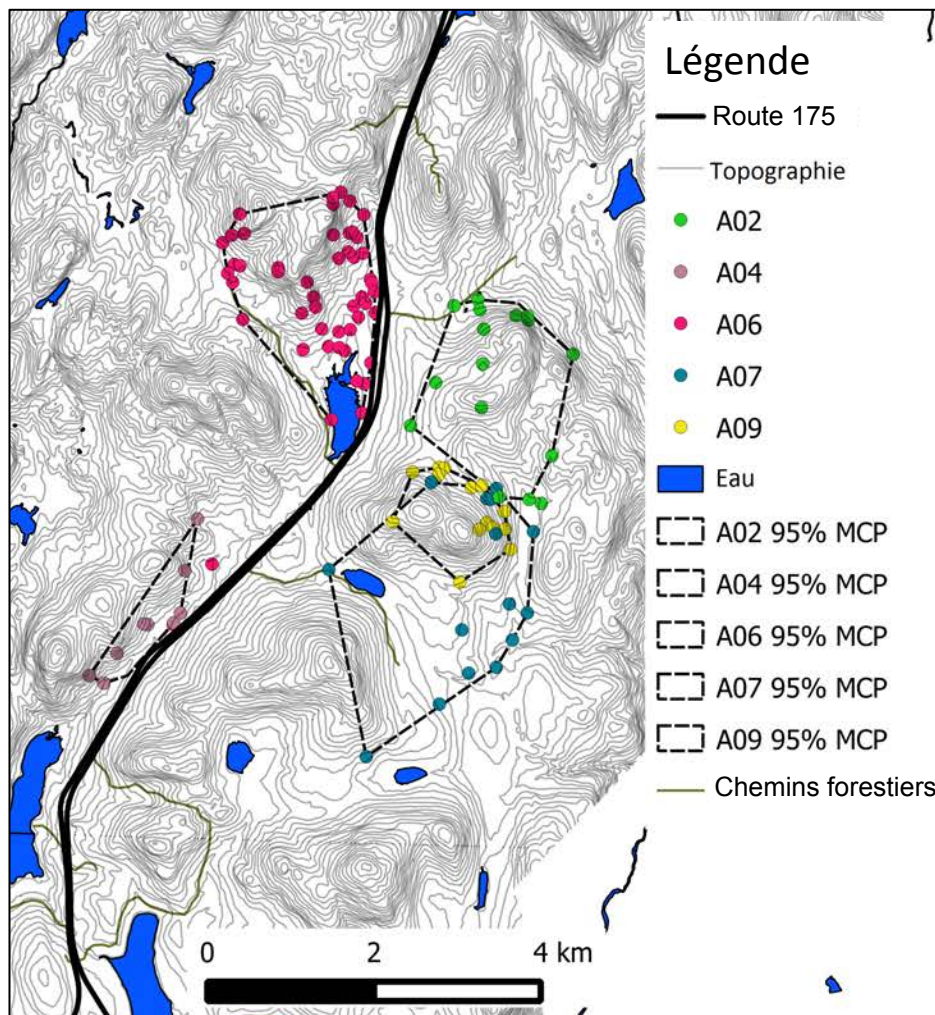
**Tableau 4.20 Estimation des domaines vitaux des martres le long des routes 175 et 381. Les données ont été recueillies durant la période allant de juillet 2013 à août 2015. Les animaux avec moins de 30 positions ont été omis du tableau (pour consulter l'information complète, il suffit d'aller voir à l'annexe E). (\*\* animal mort ou disparu; [r] individu transféré).**

Martre	Dimension du domaine vital (km <sup>2</sup> )					
	Sexe	Route	Nombre de positions	Kernel à 50 %	Kernel à 95 %	MCP 95 %
A02	M	175	58	0,75	6,1	4,3
A05**	M	175	51	0,52	6,04	3,51
A06	M	175	51	1,26	6,83	3,47
A08(r)	M	175	52	0,9	12,75	11,92
B03**	M	381	45	1,06	13,25	8,06
B04	M	381	49	2,84	16,73	10,43
B05**	M	381	40	0,06	3,29	4,6

#### **4.3.4 Route 175 à quatre voies (deux chaussées)**

Les domaines vitaux de toutes les martres qui se trouvaient le long de la route 175 sont présentés aux figures 4.30 et 4.31 (voir Annexe E pour plus de détails). La majorité des animaux munis d'un collier émetteur (24 sur 28, 87 %) était des mâles, la principale raison étant que les femelles étaient de trop petite taille pour être équipées d'un tel dispositif. L'analyse des données de radiotélémétrie et de recapture a révélé qu'un seul individu muni d'un collier (A16) avait franchi la route 175. Il a quitté le côté ouest pour se déplacer à l'est de la route afin d'aller établir son nouveau domaine vital. Par la suite, cet individu s'est déplacé de plus en plus vers l'est jusqu'à ce que nous perdions le signal en avril 2015 (Figure 31 : A16 ouest et A16 est). Les modifications du domaine vital de cet animal ont été étroitement suivies jusqu'en mars 2015, au moment où la pile du collier a tombé à plat. Cette martre était un juvénile au moment de sa première capture en octobre 2014. Elle a traversé la route 175 dans la nuit du 5 décembre 2014 sans que l'équipe puisse déterminer où et comment elle a traversé la route. Nous savons avec certitude qu'elle n'a pas emprunté un des passages fauniques (voir les résultats pour l'objectif 2 dans ce rapport). Nous avons suivi l'animal durant cet intervalle de temps et nous avons été en mesure d'obtenir une position alors qu'il se trouvait toujours du côté ouest comme à sa première position connue à l'est. Lors de la séance 8, cette martre a été recapturée avec son collier toujours en place et elle ne montrait aucun signe de perte de poils de fourrure ni de lésions de tout genre après avoir porté ce dispositif émetteur pendant 9 mois.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

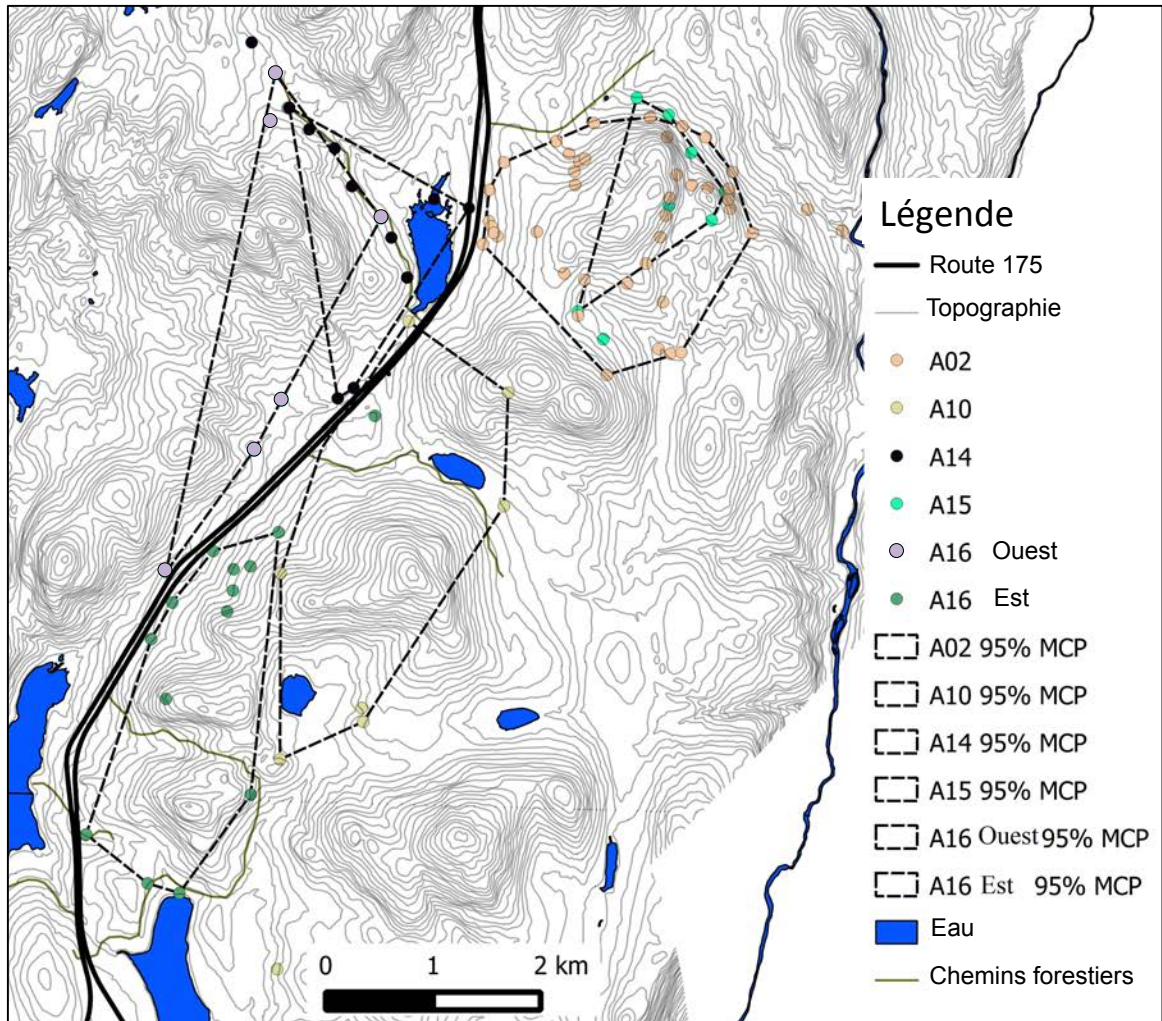


**Figure 4.30 Domaines vitaux des martres le long de la route 175 avec les positions obtenues entre juillet 2013 et 2014.** Nous avons inclus seulement les animaux qui comptent plus de 8 positions. Chaque couleur correspond à un seul individu. Les positions télémétriques représentent les positions approximatives des martres; les lignes pointillées en noir représentent les polygones convexes minimaux (PCM) qui utilisent 95 % des points (aussi aux Figures 4.31-4.33). Les kernels à 95 % sont présentés à l'annexe E. La martre A06 a été capturée et présentait des blessures importantes au cou, tandis que l'individu A04 montrait quelque perte de poils de fourrure.

La zone à l'ouest de la route où elle fut capturée, était également occupée par un mâle plus âgé (A14) que nous avons recapturé à plusieurs reprises. En considérant le comportement territorial et agressif des martres (Katnik et coll. 1994), il pourrait être possible que le jeune individu ait initialement été capturé (et par la suite recapturé) quand qu'il tentait d'établir son propre domaine vital.

Cependant, au début du mois de décembre, il est pensable qu'il aurait pu être forcé par le mâle plus âgé (et peut-être par d'autres individus) de partir à la recherche d'un territoire vacant de l'autre côté de la chaussée afin de délimiter le sien.

La martre identifiée A02 est la seule pour laquelle nous avons pu recueillir des données pendant deux ans (Figures 4.30 et 4.31). Elle a été capturée en 2013 près de la route 175 du côté est. Elle ne s'est pas s'approchée au-delà de cette position initiale en établissant son DV plus à l'est, ce qui signifie qu'elle passait la plupart de son temps loin la route. Elle fut capturée pour la première fois à l'âge adulte et il est donc possible qu'à ce moment-là qu'elle eût déjà établi son DV ou en cours de le faire. Elle s'approchait de la route occasionnellement, mais elle effectuait plutôt la plupart de ses activités à une grande distance de la route. Elle se déplaçait entre plusieurs montagnes et vallées tout en franchissant souvent les routes secondaires. Curieusement, elle partageait son DV avec au moins un autre mâle (A15), lequel comportement selon la littérature publiée sur le sujet est plutôt inhabituel (Katnik et coll. 1994). Au début de 2015, la pile du collier de la martre A02 est tombée à plat, mais les preuves photographiques et de suivi des déplacements dans la neige montrèrent que cet animal était actif à l'intérieur de son DV. Cet individu a été capturé en juillet 2015 et présentait des blessures importantes causées par le dispositif émetteur. Ses positions les plus rapprochées de l'axe routier se trouvaient à une distance variant entre 80 et 90 m, mais il passait la plupart de son temps très loin de la route principale (Figures 4.30 et 4.31).



**Figure 4.31 Domaines vitaux des martres le long de la route 175 avec les positions obtenues entre juillet 2014 et juillet 2015.** Les martres A02 et A14 ont été capturées et présentaient des blessures importantes au cou.

Le cas de la martre A06 est très similaire à celui de l'individu A02. Elle a également été capturée aux abords de la route 175, même si elle est toujours restée du côté ouest de la route, parfois loin de la route, parfois près de la route, mais sans jamais l'avoir traversée. Ses déplacements étaient nettement limités par la présence de cette route (Figure 4.30). L'animal démontrait sans équivoque un comportement d'évitement envers cet obstacle pendant toute la période de temps où il fut suivi. Il s'est approché de la route à plusieurs occasions, mais ses déplacements et sa répartition territoriale montraient que la route représentait pour lui une véritable barrière. Nous avons également

observé que la plupart de ses positions dans son DV étaient situées plus près de l'axe routier que loin de lui. Il est possible que cette route ait bénéficié à ce mésocarnivore (Lapoint et coll. 2015) jusqu'à un certain point ou tout simplement parce qu'il avait un accès limité en direction ouest à cause peut-être de la présence d'autres congénères. Nous ne pouvons conclure si ce comportement correspond à sa réaction d'éviter directement un contact avec un obstacle ou si l'animal utilise la route à titre de repère pour délimiter son DV.

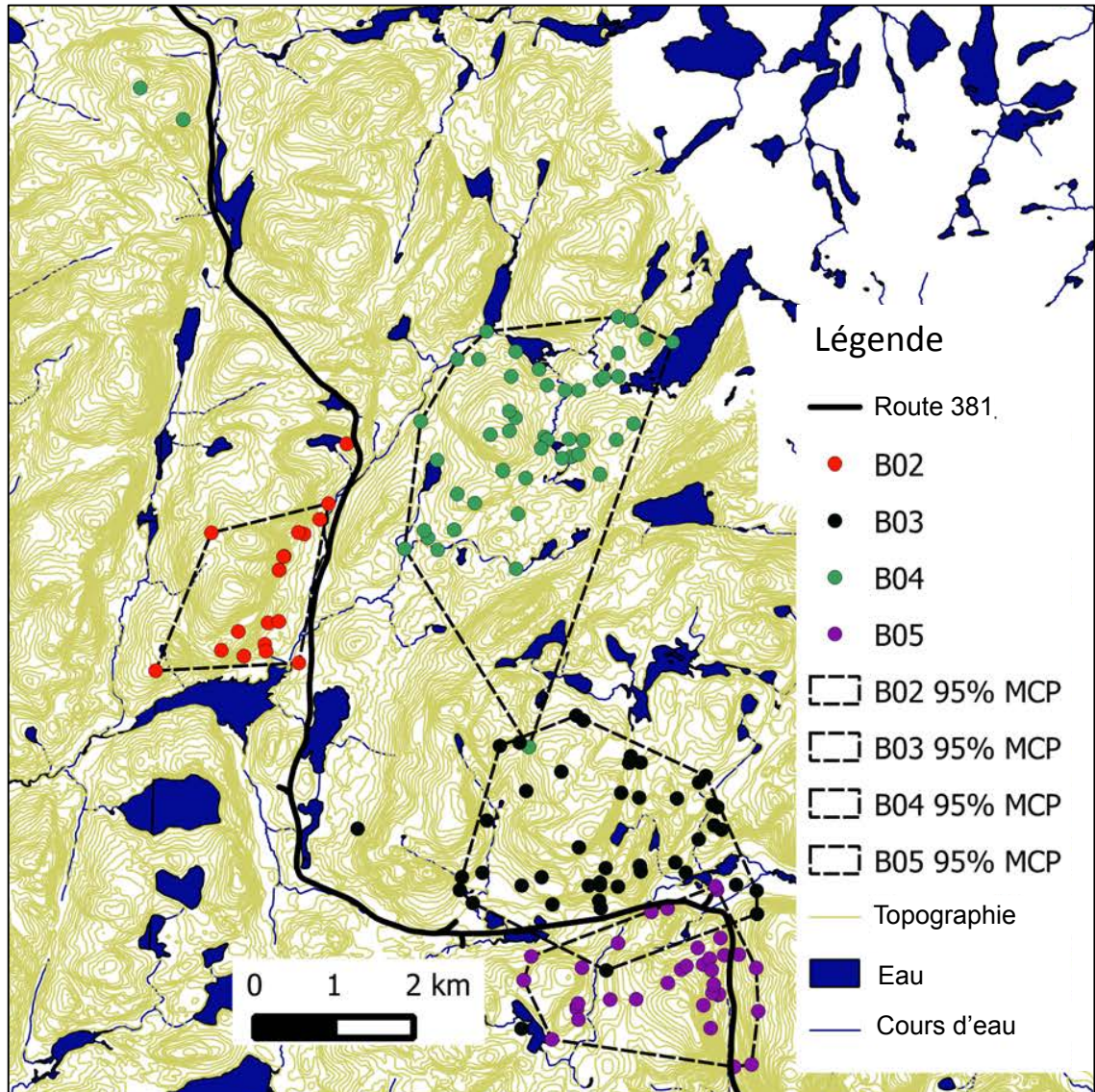
Les martres A02, A05, A06, A08, A11 et A13 (également A14, à un certain point) ont subi des lacérations importantes à la suite de la pose de leur collier. L'individu A02 présentait des blessures seulement après la seconde mise en place de son dispositif émetteur en juillet 2014. Par conséquent, seules les données recueillies lors de cette dernière intervention ont été considérées pour l'analyse. Quant à la martre A08, elle représente un cas compliqué, car elle a été translocalisée et blessée. L'individu A06 disposait d'un nombre appréciable de points de télémétrie, mais les résultats obtenus ont dû être omis, car ceux-ci auraient potentiellement fourni des renseignements inexacts sur le comportement naturel de l'animal. La martre A05 avait ce même problème. Les autres martres blessées n'ont pas permis de récolter suffisamment de données. Par ailleurs, les données associées à ces individus étaient déjà de peu d'utilité pour nos analyses avant qu'elles durent être retirées.

Une autre martre qui se trouvait à l'emplacement de la route 175 et avait son domaine vital sur le côté est semblait l'avoir franchie, mais la dernière position de cet individu (A10) provenait d'un signal en mode « mortalité » (c.-à-d. que le collier n'a pas bougé pour au moins une période de 48 h) de l'autre côté de la route. Cela indiquait que l'animal avait traversé la chaussée et était mort du côté ouest, à moins que le collier ait été transporté d'une autre façon. Puisque le collier n'a pu être récupéré, on ignore ce qu'il est advenu de cet animal.

#### **4.3.5 Route 381 à deux voies (une chaussée)**

Plusieurs martres (55 %) ont traversé la chaussée le long de la route 381 sur une base régulière. Tous ces déplacements semblaient faire partie de leurs activités quotidiennes et ils ne constituaient pas en soi de rares événements (Figures 4.32 et 4.33). Les domaines vitaux sont présentés aux figures 4.32 et 4.33. Les résultats obtenus le long de la route 381 diffèrent de ceux observés aux abords de la route 175. La plupart des martres ont traversé la chaussée de la route 381 et certaines l'ont fait en utilisant les ponceaux destinés au drainage, qui n'étaient même pas initialement prévus pour le passage de la faune. L'individu B05 en est un bon exemple. Il limitait la plupart de ses déplacements à l'ouest de la chaussée mais il effectua quand même un total de 11 allers-retours entre le côté est et le côté ouest tout près de la zone d'utilisation intensive de son DV. Du côté ouest de la route, cet individu s'est enfoncé jusqu'à 300 m dans la forêt. Ses positions les plus rapprochées de

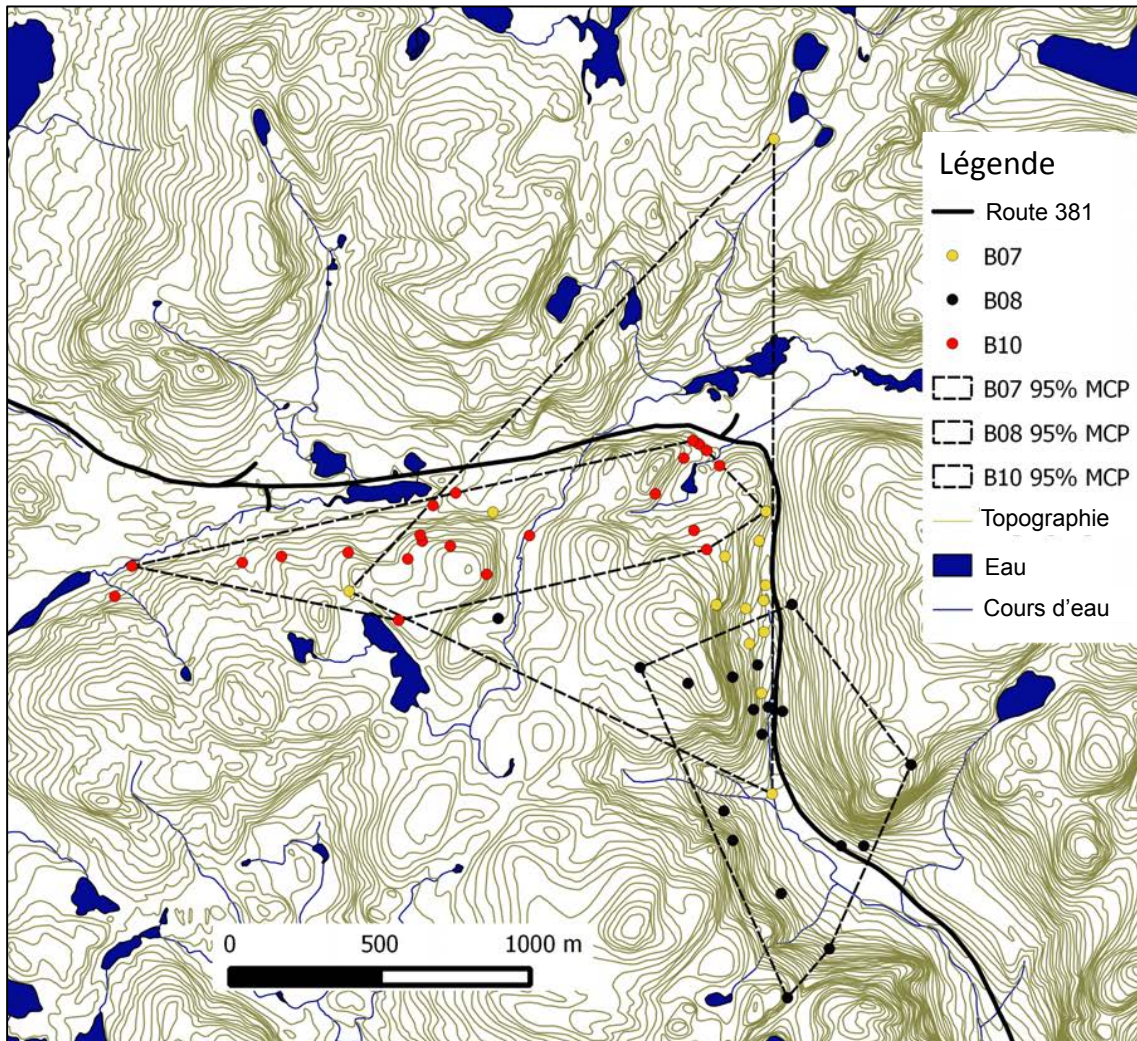
l'axe routier se trouvaient à une distance variant entre 50 et 90 m, mais il passait la plupart de son temps plus loin de la route principale (Figure 4.32).



**Figure 4.32** Domaines vitaux des martres le long de la route 381 avec les positions obtenues entre juillet 2013 et juillet 2014. La martre B04 a été capturée et présentait des blessures importantes au cou.

La martre B03 présentait sensiblement le même patron d'occupation des abords de la route 381, mais elle effectua seulement quatre franchissements au moment où elle fut suivie (Figure 4.32). Ses positions les plus rapprochées de

l'axe routier se trouvaient à une distance variant entre 150 et 250 m, mais elle passait la plupart de son temps très loin de la route principale. Les dimensions de son DV sont comparables à celles répertoriées pour les autres martres présentes dans la zone d'étude et elles se situent également dans l'intervalle des valeurs acceptées et publiées dans la littérature (Ellis 1999, Wynne et Sherburne 1984).



**Figure 4.33 Domaines vitaux des martres le long de la route 381 avec les positions obtenues entre juillet 2014 et juillet 2015.** La martre B07 a été capturée et présentait des blessures importantes au cou depuis ses quatre premières positions. Pour les autres données télémétriques qui suivirent, elles furent obtenues en piégeant l'animal aux abords de la route après que son collier eut été retiré et que ses blessures eurent été guéries.



Il n'y a aucune raison de croire que la route limitait de manière notable ses déplacements. De plus, les localisations situées du côté ouest de la chaussée pouvaient très bien provenir d'un trajet quotidien (à la recherche de nourriture au-delà des limites de son DV) (Hofer et East 1993).

En dernier lieu, la martre B04 (Figure 4.32) passait la plupart de son temps du côté est de la route. Elle a traversé la chaussée en direction nord-ouest à une seule occasion en avril 2014 et resté deux jours de ce côté avant de revenir à son DV. Il s'agit fort probablement d'un exemple de trajet quotidien. Une observation intéressante à vrai dire, car elle suggère que la route n'est pas une barrière importante en soi, puisqu'elle permet ce type de déplacement, en plus des activités journalières simples ou des déplacements de plus grande envergure comme la dispersion. Pour cet individu, les positions les plus rapprochées de l'axe routier se trouvaient à une distance variant entre 800 et 900 m, mais il passait la plupart de son temps très loin de la route (Figure 4.32).

Près de 55 % des martres équipées d'un collier ont traversé la chaussée de la route 381 sur une base régulière et tous ces déplacements s'inscrivaient probablement dans leurs activités quotidiennes et ils ne doivent pas être considérés comme des événements exceptionnels (Figures 4.32 et 4.33). Bien que les données recueillies jusqu'à maintenant ne nous permettent pas de tirer des conclusions définitives, nos résultats fournissent des pistes intéressantes. Les martres faisant partie de notre échantillon ne traversaient pas fréquemment la route 175 (à quatre voies), même si elles en étaient capables. Seulement une martre, soit 7 % de notre échantillon, a franchi la route une fois et est demeurée active de l'autre côté (sans compter la martre transloquée). Cette proportion augmente à 27 % si l'on considère toutes les martres (ou signaux de collier) qui se sont trouvées de l'autre côté de la route. Toutefois, tel que mentionné précédemment, un seul individu marqué est resté vivant du côté opposé de la route après l'avoir traversé par ses propres moyens (A16), le tout confirmé par les données télémétriques. Toutefois, il était fréquent d'observer quelques individus franchir la route 381 (2 voies) à maintes reprises lors de leurs déplacements. Cependant, nous ne connaissons pas la manière ni l'endroit où ils ont traversé (voir la discussion ci-après).

#### **4.3.6 Flux génétique**

Nous avons calculé l'association génétique entre les individus que nous avons capturés dans le voisinage de la route 175, afin de tester si cet axe de circulation constitue un obstacle à la dispersion des gènes chez la martre d'Amérique. Nous avons comparé ces résultats avec ceux en différenciation

génétique obtenus le long de la route 381. Nous avons déterminé avec succès le génotype chez 49 individus à 10 locus microsatellites.

Nous nous attendions à ce que l'effet de barrière limite la capacité des spécimens de martres à se disperser et ceci ait pour effet pour l'ensemble de la population d'être génétiquement fragmentée en raison du flux limité de gènes, des effets fondateurs et de la dérive génétique. Nous avons remarqué une relation négative entre l'association génétique et le côté de la route lorsque nous avons pris en compte l'influence de la distance euclidienne. Et ceci, tout en tenant compte de la relation entre deux variables connexes, ce qui suggère un effet de barrière occasionné par l'axe routier 175. Lorsque nous avons retiré de l'analyse l'effet engendré par la distance euclidienne, nous avons constaté une forte relation entre la présence de la route et l'association génétique en ce qui concerne l'axe routier 175 (Tableau 4.21). Par contre, le côté de la route ne s'avère pas une variable prédictive du LRM le long de l'axe routier 381. Certains signes donnent à croire que les animaux qui vivent dans le secteur d'étude de la route 381 sont davantage liés entre eux et sans aucun effet apparent de la présence de la route. Cependant, le côté de la route s'avère significatif ( $p = 0,0006$ ) en bordure de l'axe routier 175 et la distance euclidienne demeure une covariable pertinente même si celle-ci ne l'est pas du point de vue statistique ( $p = 0,1099$ ). Un effet occasionné par la présence de la route persiste même si nous prenons en compte la distance euclidienne. Ainsi, nous avons conclu que le flux génétique est influencé par l'axe routier 175, mais pas dans le cas de l'axe routier 381.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

**Tableau 4.21 Résultats obtenus à la suite de l'analyse statistique du flux génétique (analyse de covariance). LRM était la variable de réponse. Une valeur plus élevée quant au LRM indique une plus forte probabilité d'association. (Analyses génétique et statistique réalisées par : Dr Jeff Bowman et Emily Walker, Peterborough)**

<b>Axe routier 381 : Effet de la route uniquement - association moyenne</b>					
<b>Relation avec la route</b>	<b>Nombre de cas</b>	<b>LRM moyenne</b>	<b>IC à 95% supérieur</b>	<b>IC à 95% inférieur</b>	<b>Écart-type</b>
du même côté de la route	79	0.026	0.049	0.002	0.106
sur les côtés opposés	90	0.041	0.063	0.02	0.103
<b>Axe routier 381: Effets de la distance et de la route - régression</b>					
<b>Effet</b>	<b>Coefficients</b>	<b>Itérations</b>	<b>Valeur p<sup>a</sup></b>		
Route	1.425 e-02	548	0.155		
Distance euclidienne	-5.64 e-06	760	0.117		
Constante	4.4 e-02				
<b>Source</b>	<b>Somme des carrés</b>	<b>ddl (degrés de liberté)</b>	<b>Erreur quadratique moyenne</b>		
Régression	0.032	2	0.016		
Résiduel	1.807	166	0.011		
<i>Commentaires :</i> Var. dép. : LRM	<i>N:</i> 169	<i>R</i> multiple : 0.133	<i>R</i> multiple au carré : 0.018	Statistique <i>D</i> de Durbin-Watson : 1.803	
<b>Axe routier 175 : Effet de la route uniquement - association moyenne</b>					
<b>Relation avec la route</b>	<b>Nombre de cas</b>	<b>LRM moyenne</b>	<b>IC à 95% supérieur</b>	<b>IC à 95% inférieur</b>	<b>Écart-type</b>
du même côté de la route	191	0.007	0.021	-0.007	0.095
sur les côtés opposés	208	-0.013	-0.003	-0.023	0.071
<b>Axe routier 175: Effets de la distance et de la route - régression</b>					
<b>Effet</b>	<b>Coefficients</b>	<b>Itérations</b>	<b>Valeur p<sup>a</sup></b>		
Route	-1.96 e-02	5000	0.0006***		
Distance euclidienne	-2.7 e-06	819	0.1099		
Constante	1.5 e-02				
<b>Source</b>	<b>Somme des carrés</b>	<b>ddl (degrés de liberté)</b>	<b>Erreur quadratique moyenne</b>		
Régression	0.05	2	0.025		
Résiduel	2.756	396	0.007		
<i>Commentaires :</i> Var. dép. : LRM	<i>N:</i> 399	<i>R</i> multiple : 0.134	<i>R</i> multiple au carré : 0.018	Statistique <i>D</i> de Durbin-Watson : 2.002	

<sup>a</sup> déterminée à l'aide d'un test de permutation.



## 5. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

### 5.1 Objectif 1 - Mortalité routière

#### 5.1.1 *Quelles espèces sont affectées de façon négative par la présence des routes?*

Grâce à des études antérieures, nous savons que toutes les espèces ne sont pas affectées de façon négative par la présence des routes (Fahrig et Rytwinski 2009, Rytwinski et Fahrig 2011, 2015). Afin de bien interpréter les résultats, il importe de savoir lesquelles le sont effectivement, celles qui ne le sont pas du tout, de même que celles affectées de façon positive. Puisqu'il n'existe pas de données sur l'abondance des populations de mammifères de petite et de moyenne taille dans la RFL, nous avons identifié les espèces dont les effectifs de population sont généralement affectés de façon négative par la présence des routes et la circulation.

En général, parmi les espèces affectées négativement par la mortalité routière, on trouve plus d'espèces mobiles comparativement à d'autres dont les déplacements quotidiens et saisonniers sont limités. Les espèces mobiles interagissent donc plus régulièrement avec les routes que les autres espèces. Les espèces ayant des taux de reproduction inférieurs et des temps de génération allongés sont également plus vulnérables aux effets engendrés par la route car elles ne peuvent se remettre aussi rapidement des déclinés de population à la suite de la mortalité routière. Ces espèces sont généralement de plus grande taille et présentes à de plus faibles densités. Elles se trouvent ainsi, de manière générale, plus affectées de façon négative par les réseaux routiers que les espèces plus petites, car elles sont présentes à de plus faibles densités. De plus, caractérisées par des taux de reproduction plus faibles et des temps de génération allongés, elles se déplacent davantage et couvrent de plus grands domaines vitaux (Gibbs et Shriver 2002, Forman et coll. 2003).

Fait intéressant, les plus grandes espèces sont souvent des prédateurs des plus petites espèces. Il apparaît donc probable que les effets néfastes occasionnés par la présence des routes sur les populations des grandes espèces mèneront à une diminution de la prédation de la plus petite faune lorsque la densité du réseau routier est élevée (hypothèse du relâchement de la pression de prédation, Rytwinski et Fahrig 2013). De façon indirecte, cette situation réduira l'impact des routes sur les petits mammifères. D'ailleurs, plusieurs études ont justement souligné les effets nets positifs qu'elles peuvent avoir sur ces populations (Johnson et Collinge 2004, Rytwinski et Fahrig 2007, Bissonette et Rosa 2009, Fahrig et Rytwinski 2009). Cet effet des routes va accroître davantage les changements qui touchent la composition des communautés et les relations proies et prédateurs.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Il y a une relation importante entre les espèces affectées de façon négative par les routes et la masse corporelle des animaux et leur taux de reproduction. Ainsi, on peut utiliser la masse corporelle et le taux de reproduction pour redire quelles espèces sont affectées de façon négative par les routes et pour déterminer le maillage des clôtures d'exclusion requis pour les mammifères de petite et de moyenne taille (pour garder les plus grands de la route tout en permettant aux plus petits d'aller à travers la clôture).

**Tableau 5.1 Caractéristiques (traits biologiques et réactions comportementales) qui influencent la vulnérabilité des espèces aux impacts occasionnés par les routes et la circulation** (modifiées et tirées de : Rytwinski et Fahrig 2015, adapté de : Forman et coll. 2003)

Caractéristiques pertinentes des espèces	Effets occasionnés par les routes ou la circulation		
	Mortalité routière	Perte d'habitat et altération de sa qualité	Fragmentation d'habitat et connectivité réduite
<b>Variables du cycle de vie :</b>			
Faible taux de reproduction	x	x	x
Temps de génération sur une longue durée (espérance de vie)	x	x	x
Mobilité intrinsèque élevée	x		
Exigences de grande superficie et faible densité de population	x	x	x
Masse corporelle supérieure	x	x	x
Besoins en ressources multiples	x		x
<b>Réactions comportementales envers les routes :</b>			
Attraction envers les routes	x		
Tendance à éviter la chaussée			x
Tendance à ne pas éviter les véhicules	x		
Tendance à éviter les perturbations causées par la circulation		x	x
Tendance à ne pas éviter les routes et les perturbations causées par la circulation	x		

La manière avec laquelle les populations fauniques sont affectées par la présence des routes dépend également du comportement des animaux qu'ils ont envers le réseau routier (Jaeger et coll. 2005). Les variables du cycle de vie

de même que les réactions comportementales qui influencent la vulnérabilité des espèces aux impacts occasionnés par les routes et la circulation sont résumées au tableau 5.1 (Rytwinski et Fahrig 2015).

Rytwinski et Fahrig (2012, 2015) ont rassemblé les données qui provenaient d'études sur les effets occasionnés par la présence des routes envers les populations fauniques (Tableau 5.2). Afin de déterminer si une espèce est affectée ou non de façon négative ou positive par les routes, les auteurs ont converti les données de chaque étude en une seule mesure uniforme. Le coefficient de corrélation  $r$  de Pearson mesure la force de la relation linéaire entre les routes et l'abondance de population d'une espèce en particulier. Lorsque plus d'une étude portait sur une même espèce, les auteurs ont calculé une moyenne en ce qui a trait à la direction et à l'ampleur des effets de la présence des routes avec l'intention de se doter d'un indice global.

**Tableau 5.2 Les espèces de mammifères affichent une valeur moyenne négative ( $ESr < -0,1$ ; rouge), plus ou moins proche de la neutralité ( $-0,1 < ESr < 0,1$ ; jaune) ou positive ( $0,1 < ESr$ ; vert) envers les routes en ce qui touche aux effectifs de leur population.**  $ESr$ , ou la taille d'effet, correspond à une mesure de la force d'un effet observé, dans le cas présent, la corrélation entre la densité du réseau routier et l'abondance de la population. Pour plus de détails, veuillez consulter Rytwinski et Fahrig (2012) de même que Rytwinski (2012). Ces réactions comportementales incluent tous les effets et ne se limitent pas à la mortalité routière. Les espèces de mammifères de petite et moyenne taille intéressantes dans la RFL, le PNJC et la FM sont indiquées en caractères gras. Les données sur la masse corporelle sont tirées de : Smith et coll. 2003; NAM = Amérique du Nord; EA = Eurasie; EN = espèce en danger (voir les données complètes dans l'Annexe B). (Source : les données à propos des  $ESr$  sont fournies par la Dre Trina Rytwinski, tirées de : Rytwinski 2012)

Nom d'espèce			Masse corporelle (g)	ESr (Taille d'effet)
Français	Anglais	Latin		
Lynx ibérique	Iberian lynx (EN)	Lynx pardinus	9 400 (EA)	-0,361
<b>Renard roux</b>	<b>Red fox</b>	<b><i>Vulpes vulpes</i></b>	4 132 (NAM); 5 200 [3 600–6 800] <sup>a</sup> ; 4 950 [2 700–7 200] <sup>b</sup>	<b>-0,317</b>
<b>Pékan</b>	<b>Fisher</b>	<b><i>Martes pennanti</i></b>	4 000 (NAM); 3 750 [2 000–5 500] <sup>a</sup> ; 3 125 [m : 2 600–5 500, f : 1 300–3 100] <sup>b</sup>	<b>-0,210</b>

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Ours noir	American black bear	<i>Ursus americanus</i>	99 950 (NAM)	-0,207
Lynx boréal (ou lynx d'Eurasie)	Eurasian lynx	<i>Lynx lynx</i>	17 950 (EA)	-0,171
Carcajou (ou glouton)	Wolverine	<i>Gulo gulo</i>	14 525 (NAM)	-0,170
<b>Mouffette rayée</b>	<b>Striped skunk</b>	<b><i>Mephitis mephitis</i></b>	2 085 (NAM); 3 050 [1 900–4 200] <sup>a</sup> ; 3 050 [800–5 300] <sup>b</sup>	<b>-0,105</b>
Puma (ou cougar)	Cougar (or mountain lion)	<i>Puma concolor</i>	51 600 (NAM)	-0,066
Lynx roux (ou lynx bai)	Bobcat	<i>Lynx rufus</i>	8 904 (NAM)	-0,016
<b>Raton laveur commun</b>	<b>Raccoon</b>	<b><i>Procyon lotor</i></b>	5 525 (NAM); 9 500 [5 000–14000] <sup>a</sup> ; 8 500 [5 000–12000] <sup>b</sup>	<b>0,009</b>
<b>Loup gris</b>	<b>Grey wolf</b>	<b><i>Canis lupus</i></b>	42 750 (NAM); 52 500 [25 000-80 000] <sup>a</sup> ; 30 000 [18 000–42 000] <sup>b</sup>	<b>0,022</b>
<b>Hermine</b>	<b>Ermine (or stoat)</b>	<b><i>Mustela erminea</i></b>	70 (NAM); 75 [45–105] <sup>a</sup> ; 95,5 [m : 80–182, f : 45–75] <sup>b</sup>	<b>0,060</b>
Wapiti	Elk	<i>Cervus canadensis</i>	340 000 <sup>a</sup>	-0,834
Cerf élaphe	Red deer	<i>Cervus elaphus</i>	217 751 (NAM)	-0,568
Caribou des bois	Boreal woodland caribou (EN)	<i>Rangifer tarandus caribou</i>	86 034 (NAM)	-0,293
Cerf mulet	Mule deer	<i>Odocoileus hemionus</i>	54 213 (NAM)	-0,243
Orignal	Moose	<i>Alces alces</i>	358 996 (NAM)	0,247
Cerf de Virginie	White-tailed deer	<i>Odocoileus virginianus</i>	55 509 (NAM)	0,339
<i>Microtus californicus</i>	California vole	<i>Microtus californicus</i>	57,4 (NAM)	-0,192
Écureuil gris	Eastern gray squirrel	<i>Sciurus carolinensis</i>	506,5 (NAM)	-0,138
<b>Écureuil roux</b>	<b>Red squirrel</b>	<b><i>Tamiasciurus</i></b>	201,2;	<b>-0,122</b>



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

		<i>hudsonicus</i>	195 [140–250] <sup>a</sup> ; 195 [140–250] <sup>b</sup>	
Tamias rayé	Eastern chipmunk	<i>Tamias striatus</i>	111,9 (NAM); 102,5 [66–139] <sup>a</sup> ; 95 [75–115] <sup>b</sup>	-0,005
Marmotte commune	Woodchuck	<i>Marmota monax</i>	3 802 (NAM); 3 600 [1 800–5 400] <sup>a</sup> ; 4 925 [2 850–7 000] <sup>b</sup>	0
Souris-sauteuse des bois	Woodland jumping mouse	<i>Napaeozapus insignis</i>	22,3; 21,5 [17–26] <sup>a</sup> ; 24,5 [15–34] <sup>b</sup>	0
Campagnol des prés	Meadow vole	<i>Microtus pennsylvanicus</i>	36,8 (NAM); 41 [18–64] <sup>a</sup> ; 44 [20–68] <sup>b</sup>	0,060
Souris sylvestre	North American deer mouse	<i>Peromyscus maniculatus</i>	21,3 (NAM); 21,5 [18–35] <sup>a</sup> ; 21 [10–32] <sup>b</sup>	0,085
Souris à pattes blanches	White-footed mouse	<i>Peromyscus leucopus</i>	21,2 (NAM); 20 [15–25] <sup>a</sup> ; 16,5 [12–31] <sup>b</sup>	0,145
Souris-sauteuse des champs	Meadow jumping mouse	<i>Zapus hudsonius</i>	17,1 (NAM); 20 [15–25] <sup>a</sup> ; 17,4 [10–24,8] <sup>b</sup>	0,187
Souris commune (ou souris grise)	House mouse	<i>Mus musculus</i>	15 (EA); 19,5 [14–25] <sup>a</sup> ; 21 [12–30] <sup>b</sup>	0,230
Tamias mineur	Least chipmunk	<i>Tamias minimus</i>	135,3 (NAM)	0,982
Lièvre d'Europe	European hare	<i>Lepus europaeus</i>	3740 (EA)	-0,599
Lièvre d'Amérique	Snowshoe hare	<i>Lepus americanus</i>	1 710 (NAM); 1 250 [1 000–1 500] <sup>a</sup> ; 1 800 [1 300–2 300] <sup>b</sup>	0,032
Lapin à queue blanche	Eastern cottontail	<i>Sylvilagus floridanus</i>	1 173 (NAM)	0,187

<sup>a</sup> Tirées de : Eder (2002)

<sup>b</sup> Tirées de : Prescott et Richard (2013)

Au sein de l'ordre des mammifères, les carnivores demeurent les animaux les plus affectés négativement. Notons à titre d'exemple les membres de la famille des mustélidés qui comprend la loutre, le blaireau, la belette, la martre, le furet,

le vison de même que le carcajou. D'après les valeurs présentées au tableau 5.2, il existe une corrélation évidente entre la masse corporelle de l'espèce et sa vulnérabilité envers les routes.

Il existe également une association avec le taux de reproduction car les espèces possédant de faibles taux sont davantage affectées de façon négative par la densité du réseau routier que celles dont les taux sont plus élevés. Le taux de reproduction correspond au nombre de jeunes par année. Le taux de reproduction est évalué comme étant le nombre moyen de jeunes par portée que l'on multiplie par le nombre maximal de portées par année (Rytwinski et Fahrig 2011).

Néanmoins, des études menées à divers endroits ou dans différents types d'habitats peuvent évaluer différents effets occasionnés par les routes sur les espèces. Par exemple, les loups gris vont réagir négativement à l'augmentation de la densité du réseau routier au nord du Wisconsin ou au Michigan supérieur des États-Unis (Mladenoff et coll. 1995), mais positivement dans la forêt boréale du nord de l'Ontario (Bowman et coll. 2010). En moyenne, la réaction du loup demeure neutre, mais la valeur moyenne camoufle toutefois des effets positifs et des effets négatifs. Ses différences régionales pourraient tirer leur origine du fait que la plupart des routes du nord de l'Ontario, ou plutôt des chemins forestiers en gravier sont peu utilisées. Quant aux deux régions au Wisconsin et au Michigan, elles sont asphaltées avec un débit de circulation plus élevé. Par conséquent, les effets engendrés par les routes peuvent dépendre d'un contexte ou d'un emplacement et une extrapolation de ceux-ci envers une espèce donnée doit s'appliquer avec soin (Rytwinski et Fahrig 2015). Ils dépendent également du statut de conservation de l'espèce et sa densité de population à l'échelle locale. À titre d'exemple, une espèce dotée de traits de caractère pourrait dans la plupart des cas se montrer résiliente aux effets occasionnés par les routes. Cependant, dans un cas où les effectifs de population dans une zone sont déjà réduits à la suite d'autres causes, la mise en place d'une nouvelle route peut s'avérer suffisant pour provoquer davantage un déclin de sa population qui peut mener à une disparition locale en dépit d'un taux de mortalité relativement faible ou d'une réduction modérée de la connectivité des habitats (Rytwinski et Fahrig 2015).

Dans le tableau 5.2, des espèces de petite et de moyenne taille présentes dans la RFL, dans le PNJC de même que dans la FM, 16 se trouvent incluses. De celles-ci, en moyenne, 4 sont affectées négativement, 3 positivement ainsi que 9 dont les effets engendrés sont plus ou moins proche de la neutralité. Certains petits animaux présents dans la RFL, le PNJC et la FM sont également touchés de façon négative, par exemple l'écureuil roux (195 g, taux de reproduction = 10). Parmi celles qui affichent une valeur moyenne plus ou moins proche de la neutralité pour les effets occasionnés par la présence des routes, la souris-sauteuse des bois (24,5 g, taux de reproduction = 9), la souris

sylvestre (21 g, taux de reproduction = 20) de même que l'hermine (95,5 g, taux de reproduction = 6.5) sont considérées comme étant les plus petites.

Toutefois, parmi les espèces de petite et de moyenne taille qui revêtent un intérêt pour la RFL, le PNJC et la FM, 16 ne figurent pas au tableau 5.2. Par conséquent, nous avons estimé leur vulnérabilité envers les routes selon des données qui proviennent de l'Ontario. Dans le cadre d'une étude qui visait 16 espèces de mammifères de l'est ontarien, le taux de reproduction demeurait le meilleur indicateur de la réponse de la population aux routes. Il expliquait à peu près 70 % de la variation observée en ce qui a trait aux coefficients qui associent l'abondance des mammifères et la mortalité routière (Rytwinski et Fahrig 2011). La combinaison du taux de reproduction et de la masse corporelle apporte davantage d'information plus précise car ensemble ces deux paramètres expliquent jusqu'à 79 % de cette variation. Nous avons utilisé ces données afin de prédire les effets occasionnés par la présence des routes sur les espèces de mammifères de petite et de moyenne taille qui sont présentes dans la RFL, le PNJC et la FM. La masse corporelle et le taux de reproduction étaient utilisés comme variables prédictives (séparément et en combinaison).

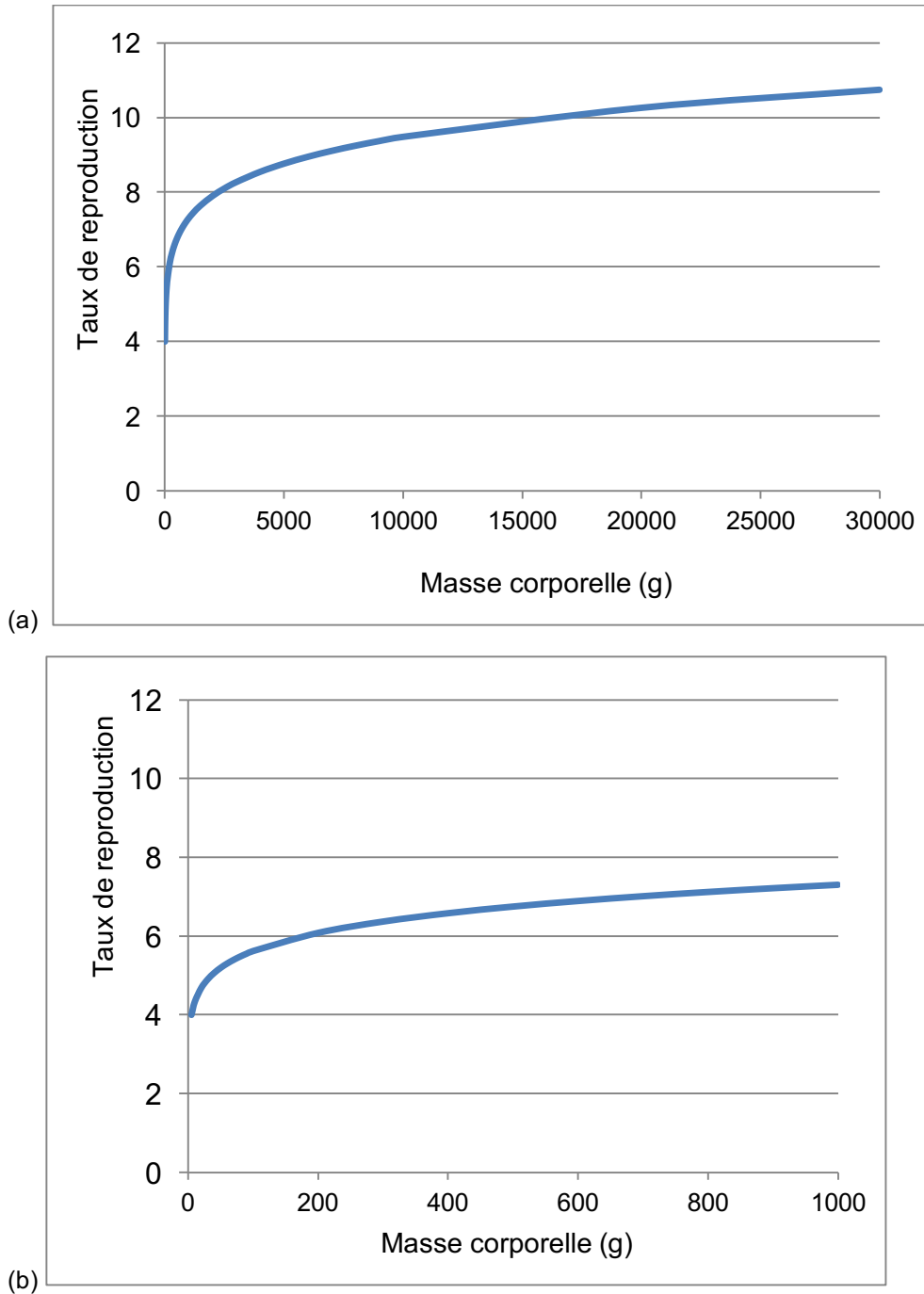
Toutes les relations sont présentées à l'annexe B. Ci-dessous, l'équation qui est fonction de la masse corporelle et du taux de reproduction qui a découlé de cette analyse :

$$\ln\text{RegCoeff} = 0,58505 + 0,089913 * \ln\text{RepRate} - 0,010225 * \ln\text{BMass}$$

( $R^2 = 79\%$ ).

Le coefficient de régression détermine la pente de la droite qui correspond aux effets occasionnés par les routes envers la population et il peut se calculer d'après cette équation :  $\text{RegCoeff} = \exp(\ln\text{RegCoeff}) - 2$ . Il égale à 0, si  $\exp(\ln\text{RegCoeff}) = 2$ , ce qui semble indiquer que  $\ln\text{RegCoeff} = \ln(2) = 0,69315$ . Il en est de même pour  $\ln\text{BMass} = (0,089913 * \ln\text{RepRate} - 0,1081) / 0,010225$ , autrement dit,  $\ln\text{RepRate} = (0,010225 * \ln\text{BMass} + 0,1081) / 0,089913$ . La relation entre les valeurs critiques du taux de reproduction et de la masse corporelle est présentée à la figure 5.1. Pour une espèce donnée, le taux de reproduction minimum requis pour résister à l'impact occasionné par la présence des routes est plus élevé si la masse corporelle est supérieure.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 5.1** Relation entre les valeurs critiques du taux de reproduction et de la masse corporelle, permettant de distinguer les espèces qui sont affectées de façon positive par la présence des routes (aire au-dessus de la courbe) ou bien de façon négative (aire sous la courbe) selon la plage suivante : a)  $0 \text{ g} < \text{masse corporelle} < 30 \text{ kg}$  et b)  $0 \text{ g} < \text{masse corporelle} < 1000 \text{ g}$

Par exemple, pour les espèces qui affichent un taux de reproduction équivalent à 9 (p. ex., tamia rayé), la masse corporelle qui correspondra au seuil au-delà duquel il est prévu que les routes affecteront négativement leur population atteindra 6 300 g. En ce qui regarde celles dont le taux de reproduction égale à 5 (p. ex., belette à longue queue), ce seuil équivalra plutôt à 36 g (la masse corporelle moyenne de la belette à longue queue est 145,5 g). En fait, **pour toutes les espèces qui affichent un taux de reproduction inférieure à 4, il est prévu qu'elles soient affectées de façon négative par les routes**, peu importe leur masse corporelle. À titre d'exemple, le castor du Canada et le lynx du Canada se reproduisent à un taux de 3,5 et la masse corporelle qui correspondra au seuil au-delà duquel il est prévu que les routes affecteront négativement leur population est aussi faible que 1,6 g. La martre d'Amérique et le vison d'Amérique sont caractérisés par ce même taux de reproduction; quant aux loutres de rivière, il s'élève plutôt à 2,5. Le porc-épic se reproduit à un taux d'à peine 1; par conséquent, sa population demeure particulièrement vulnérable aux effets engendrés par la présence des routes. D'après sa masse corporelle de 6 400 g, il lui faudra un taux de reproduction supérieur à 9 jeunes par année afin d'être à même de résister à l'impact occasionné par la présence des routes. Les espèces qui se reproduisent à un taux de 4,5 à 12, seraient affectées soit négativement, soit positivement, ou encore sans effet (neutralité). Ceci dépend de leur masse corporelle.

Tous les mammifères qui affichent un taux de reproduction supérieur à 12 devraient pouvoir résister aux effets occasionnés par la présence des routes, peu importe leur masse corporelle, mais leur réaction comportementale peut les rendre plus vulnérables; p. ex., tendance à ne pas éviter les véhicules, attirance envers les routes. Les réactions comportementales envers les routes ne sont toutefois pas prises en considération dans ce modèle de prévision.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau 5.3 Masse corporelle et taux de reproduction chez 32 espèces de petite et de moyenne taille présentes dans la RFL, accompagnées des valeurs qui prédisent la relation entre la densité du réseau routier et l'abondance de population fondée sur les deux premières variables.** (ES = taille d'effet). Les réactions comportementales envers les routes ne sont pas prises en considération dans ce modèle de prévision. Les espèces sont ordonnées par valeurs décroissantes de masse corporelle (de la plus élevée à la plus faible). Rouge: IC et IP des ES prédites sont entièrement négatifs; orange foncé: IC est entièrement négatif, mais IP est partiellement positif; orange clair: IC et IP sont partiellement négatifs et partiellement positifs; jaune: IC est entièrement positif, mais IP est partiellement négatif; vert: IC et IP sont entièrement positifs. (IC = intervalles de confiance en ce qui regarde la valeur moyenne de l'effet de taille; IP = intervalles de prédiction pour chaque espèce). (Source : nos propres calculs.)

<b>Espèce</b>	<b>Masse corporelle<sup>a</sup> (g)</b>	<b>Taux de reproduction<sup>b</sup></b>	<b>Valeur ES prédite</b>	<b>IC</b>	<b>IP</b>
Loup gris	30 000	6	-0,102	-0,18 à -0,02	-0,27 à 0,08
Castor du Canada	23 000	3,5	-0,187	-0,25 à -0,12	-0,35 à -0,01
Lynx du Canada	10 100	3,5	-0,172	-0,23 à -0,11	-0,33 à 0,002
Raton laveur	9500	4,5	-0,129	-0,19 à -0,07	-0,29 à 0,05
Loutre de rivière	8200	2,5	-0,222	-0,3 à -0,15	-0,38 à -0,05
Porc-épic d'Amérique	6400	1	-0,359	-0,48 à -0,23	-0,53 à -0,16
Renard roux	5200	4,5	-0,117	-0,17 à -0,06	-0,28 à 0,06
Pékan	3750	3	-0,178	-0,24 à -0,11	-0,34 à -0,004
Marmotte commune	3600	4,5	-0,11	-0,16 à -0,06	-0,27 à 0,06
Mouffette rayée	3050	5,5	-0,072	-0,12 à -0,02	-0,23 à 0,1
Lièvre d'Amérique	1250	12	0,087	0,01 à 0,17	-0,1 à 0,29
Rat musqué commun	1190	14	0,117	0,03 à 0,21	-0,07 à 0,33
Martre d'Amérique	832	3,5	-0,124	-0,18 à -0,06	-0,29 à 0,05
Vison	816	3,5	-0,124	-0,18 à -0,06	-0,29 à 0,05

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

d'Amérique					
Écureuil roux	195	10	0,092	0,04 à 0,15	-0,08 à 0,29
Belette à longue queue	145,5	5	-0,028	-0,09 à 0,03	-0,2 à 0,16
Grand polatouche	137,5	6	0,005	-0,05 à 0,06	-0,16 à 0,19
Tamia rayé	102,5	9	0,086	0,03 à 0,14	-0,09 à 0,28
Hermine	95,5	6,5	0,027	-0,03 à 0,08	-0,14 à 0,21
Condylure à nez étoilé	54	5	-0,008	-0,08 à 0,06	-0,18 à 0,18
Campagnol des prés	44	20	0,261	0,16 à 0,37	0,05 à 0,49
Campagnol à dos roux de Gapper	27,5	15	0,214	0,13 à 0,3	0,02 à 0,43
Campagnol-lemming de Cooper	27	12	0,17	0,1 à 0,25	-0,02 à 0,38
Souris-sauteuse des bois	21,5	9	0,12	0,05 à 0,19	-0,06 à 0,32
Souris sylvestre	21	20	0,278	0,17 à 0,39	0,07 à 0,51
Souris commune	21	48	0,465	0,28 à 0,67	0,2 à 0,77
Musaraigne à queue courte	20	16,5	0,24	0,15 à 0,34	0,04 à 0,46
Souris-sauteuse des champs	20	11	0,16	0,09 à 0,24	-0,03 à 0,37
Souris à pattes blanches	20	18	0,258	0,16 à 0,36	0,05 à 0,48
Musaraigne palustre	14	18	0,266	0,17 à 0,37	0,06 à 0,49
Musaraigne fuligineuse	8,5	16,5	0,26	0,16 à 0,36	0,05 à 0,49
Musaraigne cendrée	4,75	18	0,291	0,18 à 0,41	0,08 à 0,53

<sup>a</sup> Tirée de : Rytwinski et Fahrig (2011) (fondée en grande partie sur Eder (2002)) de même que Prescott et Richard (2004).

<sup>b</sup> Le taux de reproduction est évalué comme le nombre moyen de jeunes par portée que l'on multiplie par le nombre maximal déclaré de portées par année (Rytwinski et Fahrig 2011). Tiré de : Prescott et Richard (2004).

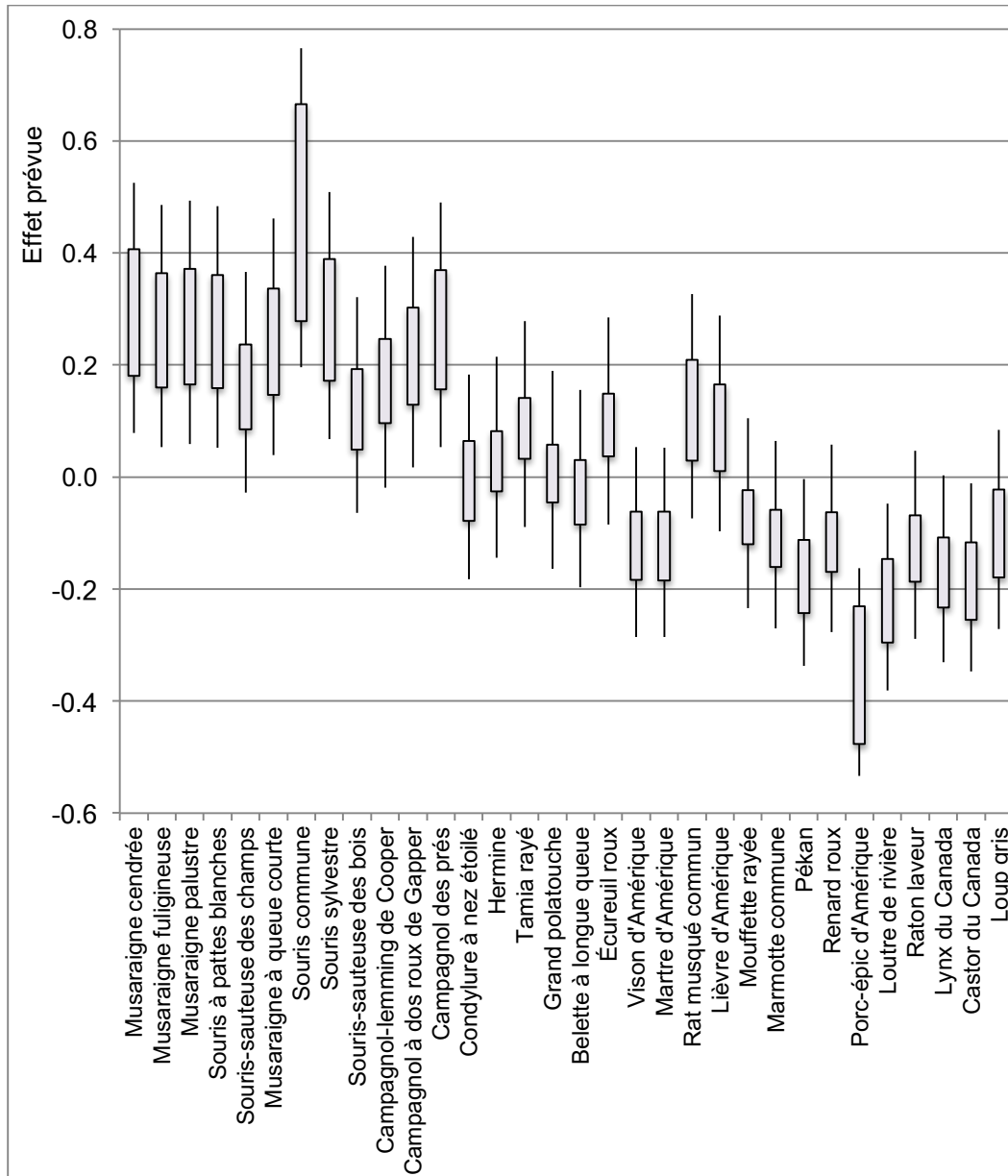
Les intervalles de prédiction (IP) donnent une indication sur le niveau d'exactitude de notre connaissance et de l'incertitude qui demeure. Des IP élevés qui contiennent la valeur 0 indiquent une nécessité plus importante d'agir avec précaution.

Nous utilisons ces valeurs prédictives, car aucune étude ne porte sur de nombreuses espèces présentes dans la RFL, le PNJC et la FM, à l'exception de celles incluses au tableau 5.2.

Veillez noter que le modèle statistique utilisé afin de fournir les prédictions présentées au tableau 5.3 et à la figure 5.2 ne tient pas compte des réactions comportementales des espèces envers les routes. Par exemple, les porcs-épics seraient beaucoup plus affectés de façon négative que ce qui est prévu ici, car ils n'ont pas tendance à éviter la chaussée ni les véhicules. Les marmottes, quant à elles, évitent la chaussée et semblent également le faire à un certain point pour les véhicules qui approchent. Par conséquent, elles sont moins affectées négativement que le prévoient leur masse corporelle et leur taux de reproduction.



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 5.2 Puissance prévue et direction des effets occasionnés par les routes envers les populations des espèces qui se trouvent dans la RFL, le PNJC et la FM. Boîte = intervalle de confiance, barre = intervalle de prédiction. Les espèces sont ordonnées par valeurs croissantes de masse corporelle. (Source : Valeurs présentées au tableau 5.3.)**

Pour toutes les espèces dont l'intervalle de prédiction inclut la valeur 0, l'incidence négative potentielle de la route 175 devrait être prise en considération (Figure 5.2). Selon ces prédictions, la situation qui touche la

population de porc-épic demeure la plus préoccupante. Outre notamment sa grande vulnérabilité prédite par son faible taux de reproduction et sa masse corporelle élevée, son comportement envers les routes coïncide avec le pire scénario possible (Tableau 5.1), car le porc-épic n'a pas tendance à éviter la chaussée ni les véhicules. D'après nos données, un grand nombre de porcs-épics d'Amérique sont tués chaque année. On ne sait pas encore dans quelle mesure la population présente à proximité de la route est touchée. Des études additionnelles seraient requises pour répondre à cette question. La loutre de rivière, le pékan, le castor du Canada, le lynx du Canada, le renard roux, la martre d'Amérique de même que le vison d'Amérique seront considérés comme les espèces les plus vulnérables après le porc-épic.

### 5.1.2 Influence des caractéristiques de paysages sur la mortalité routière

Lorsqu'une **bande médiane végétalisée** (arbustes et graminées présents) était présente, la mortalité des espèces ou groupes a augmenté considérablement pour le porc-épic, le lièvre d'Amérique, pour toutes les espèces de plus de 1 kg et pour toutes les espèces combinées excluant le porc-épic, la marmotte et les micromammifères selon des analyses distinctes (voir résultats présentés à la section 4.1.1). L'utilisation d'une telle bande par la faune et son influence sur le déplacement de la faune n'ont pas fait l'objet d'études approfondies (Adams 1984; Forman et Alexander 1998). Lorsque présente, la distance requise pour se déplacer en terrain ouvert est réduite pour la faune qui tente de traverser la chaussée. De tels sites deviennent plus attrayants que d'autres endroits pour la faune qui désire traverser la route. Les bandes médianes en milieu forestier peuvent offrir un certain habitat dans des zones perturbées, comme l'ont suggéré Clevenger et coll. (2003). Elles sont également en mesure de fournir un refuge à court terme aux animaux qui vont tenter une traversée (Bellis et Graves 1971). Ces mêmes auteurs ont constaté par exemple en 1971 que le nombre de cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) trouvés morts sur les routes de Pennsylvanie était plus élevé avec la présence d'une bande médiane végétalisée. Celle-ci peut aussi attirer les oiseaux, puis accroître l'incidence de collisions avec les véhicules (Clevenger et coll. 2003). À l'intérieur de notre zone d'étude, la plupart des bandes végétalisées se trouvent dans la partie méridionale de la RFL et du PNJC. Or, l'abondance des populations animales devrait également se trouver supérieure dans ce secteur en raison de la faible élévation du terrain de même que de la plus grande qualité des habitats en général. Des effectifs plus élevés sont susceptibles de mener à un plus grand nombre d'animaux tués sur la route (Dickerson 1939; Seiler et Helldin 2006). Pour réduire la mortalité routière associée à la présence d'une bande médiane végétalisée, Boves et Belthoff (2012) ont suggéré de la modifier afin qu'elle attire moins la faune. À titre d'exemple, Clevenger et Kociolek (2013) ont conseillé de réduire au minimum le massif d'arbustes afin de réduire la

couverture végétale. Cependant, de tels changements pourraient augmenter l'effet de barrière (ou effet de filtre) de la route et diminuer les déplacements fructueux des animaux d'un côté à l'autre et encore davantage. Ce compromis entre les mesures de gestion destinées à réduire la mortalité routière et le maintien de la perméabilité de la route, demeure une situation fréquente. Par conséquent, il est utile de faire alterner ces deux types de tronçons de route, par (a) **la mise en place de clôtures aux endroits où une bande médiane végétalisée subsiste, de préférence en combinaison avec des passages fauniques**, car ces endroits semblent attractifs à la faune qui tente de traverser la chaussée, et (b) réduire la végétation dans la bande médiane aux endroits où (a) n'est pas possible. La présence d'un couvert végétal abondant en bordure des chaussées constitue ainsi une variable d'intérêt pour la mise en place de clôtures. D'ailleurs, la prochaine variable abordée lui est d'ailleurs liée.

Plus la **lisière de la forêt** se trouvait près de la route, plus le taux de mortalité du lièvre d'Amérique, du porc-épic d'Amérique et de même que toutes espèces confondues de plus de 1 kg était élevé. D'ailleurs, la littérature scientifique rapporte que la mortalité routière a tendance à survenir davantage pour un plus large éventail de mammifères si cette lisière s'en rapproche (Clevenger et coll. [2003] en ce qui a trait à l'Alberta; Barthelmess [2014] pour le nord de l'État de New York). Nos résultats confirment que ce phénomène est également présent au Québec. La probabilité qu'un animal soit tué sur la route augmente au fur et à mesure que la bordure forestière se rapproche de la chaussée. Ce constat émane de Barthelmess (2014) lors de travaux effectués dans l'État de New York sur diverses espèces de mammifères comme le porc-épic d'Amérique, la mouffette rayée, le raton laveur, le rat musqué commun de même que le lapin à queue blanche. En Illinois, Finner et coll. (1999) ont également rapporté que les probabilités de collisions entre les cervidés et les véhicules augmentent si la lisière de la forêt se trouve le plus proche de la route. Clevenger et coll. (2003) ont fait le même constat dans le parc national de Banff à l'aide de deux modèles statistiques distincts; le premier tenait compte du lièvre d'Amérique uniquement et l'autre de tous les mammifères de petite et de moyenne taille confondus (écureuil roux, lièvre d'Amérique, souris sylvestre, spermophile du Columbia, martre d'Amérique, coyote, vison d'Amérique, rat musqué commun, campagnol des prés, campagnol à dos roux de Gapper, mouffette rayée, souris sauteuse de l'Ouest, castor du Canada, tamia mineur). Une mortalité routière plus élevée où la lisière de la forêt avoisine la route peut en partie s'expliquer par une réduction de visibilité des conducteurs qui aperçoivent un animal ou par la capacité de ce dernier à voir puis à éviter les véhicules (Barthelmess 2014). La végétation peut également servir d'abri aux animaux au moment où ils approchent de la route (Gunson et coll. 2011). Lorsque la lisière de la forêt se trouve à proximité des deux côtés de la chaussée, la distance pour se déplacer

à travers les milieux ouverts demeure réduite, laquelle peut rendre de tels lieux plus attrayants pour la faune et l'inciter à traverser à ces endroits plutôt qu'à d'autres. Afin de réduire la mortalité de la faune associée à la proximité de la lisière de la forêt, Barthelmess (2014) ainsi que Gunson et coll. (2011) ont proposé d'éliminer le couvert forestier près de la chaussée dans le but de créer un environnement inhospitalier pour les espèces cibles. Toutefois, cette mesure risque d'augmenter l'effet de barrière de la route (Rondinini et Doncaster 2002; Shepard et coll. 2008). Une meilleure solution serait de conserver le **couvert forestier, de mettre en place des clôtures d'exclusion et des passages fauniques aménagés** à ces endroits. De cette façon, le couvert agit comme un accès naturel aux endroits où la faune peut désormais traverser sans danger la route.

Fait intéressant, la mortalité des espèces de moins de 1 kg était plus élevée lorsque la **distance de l'emprise à un lac** augmentait. Le phénomène inverse fut observé chez le lièvre d'Amérique, c.-à-d. qu'il y avait un plus grand nombre de collisions aux endroits où l'emprise de la route était localisée près des lacs. Quant aux porcs-épics, leur mortalité était plus élevée aux sites situés à proximité de marécages (une signification relative, avec une valeur  $p = 0,07$ ). Les habitats riverains situés le long des cours d'eau et des rivières sont fréquemment utilisés par les espèces en déplacement (O'Connell et coll. 1993), mais la **distance** qui les **sépare des cours d'eau** n'est pas significative dans l'un ou l'autre des modèles statistiques. Toutefois, l'effet généré par cet espace qui les sépare de l'eau sur le risque de mortalité routière semble être propre à chaque espèce. Par exemple, Ng et coll. (2008) ont remarqué une augmentation de la probabilité de mortalité routière chez diverses espèces de cerfs (*Odocoileus* spp.) près de cours d'eau dans la grande région d'Edmonton, en Alberta. Quant à Saeki et MacDonald (2004), ils ont observé le même phénomène en ce qui a trait aux chiens viverrins (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) du Japon. Ramp et coll. (2005) ont fait aussi le même constat pour les kangourous géants (*Macropus giganteus*), les wombats communs (*Vombatus ursinus*) de même que les animaux domestiques retournés à l'état sauvage en Australie. Par contre, Kanda et coll. (2006) n'ont pu observer une quelconque relation avec la distance qui sépare une étendue d'eau libre pour les opossums (*Didelphis virginiana*) au Massachusetts. De même, Barthelmess (2014) n'a pas observé d'effets significatifs associés à l'éloignement de l'emprise d'un cours d'eau sur la mortalité routière pour plusieurs mammifères de petite et de moyenne taille qui vivent dans l'État de New York. Parmi ceux-ci, notons le porc-épic, le raton laveur, la mouffette rayée, le lapin à queue blanche, de même que le rat musqué.

### **5.1.3 Influence des mesures d'atténuation sur le nombre d'animaux tués sur la route**

Les clôtures d'exclusion sont couramment utilisées afin de réduire la mortalité routière de la faune. La route peut être clôturée entièrement ou seulement sur certains tronçons. Autant pour les espèces de plus de 1 kg, de moins de 1 kg, ainsi que toutes les espèces confondues, la mortalité routière était plus faible dans les segments clôturés le long de la route 175 par rapport aux autres qui ne l'étaient pas. Toutefois, ces différences demeuraient non statistiquement significatives. Bien que l'échantillon soit trop faible pour atteindre le seuil de signification statistique, les données indiquent que l'installation de clôtures réduit la mortalité routière à l'intérieur des segments clôturés. Dans le parc national de Banff, une réduction de 80 % des collisions entre ongulés et véhicules fut observée après la mise en place de clôtures partielles d'exclusion (Clevenger et coll. 2001b). Dodd et coll. (2004) ont noté en Floride une baisse du taux de mortalité routière de plusieurs espèces de vertébrés. Celui-ci avait diminué de 13,5 à 4,9 par période d'échantillonnage de 24 heures après l'installation de clôtures d'exclusion le long de 3,2 km d'autoroute.

Cependant, la mortalité était plus élevée pour les segments « extrémité de clôture » par rapport à ceux qui étaient clôturés et non clôturés le long de la route 175. Nous avons observé une concentration de carcasses d'animaux à moins de 200 m des segments « extrémité de clôture » pour les espèces de plus de 1 kg, toutes les espèces confondues ou toutes les espèces confondues à l'exception des porcs-épics, des marmottes et des micromammifères. Des nombres plus élevés de mortalités ont aussi été fréquemment observés pour les segments « extrémité de clôture » dans le cadre d'autres études (Clevenger et coll. 2001b; Dodd et coll. 2004; McCollister et van Manen 2010). Par exemple, Dodd et coll. (2004) ont rapporté lors de leurs travaux que 73 % de tous les cas de mortalité survenaient dans un rayon inférieur à 400 m des extrémités de clôture d'exclusion. Ce phénomène peut se produire lorsqu'un animal s'approche d'une clôture, puis décide de se déplacer le long de celle-ci jusqu'à ce qu'il tombe sur une ouverture afin de traverser la route. Si les clôtures sont utilisées en combinaison avec les passages fauniques, elles peuvent diriger les animaux vers les entrées de ces derniers. Toutefois, si ces passages s'avèrent absents, l'animal a toujours la possibilité de se déplacer vers une extrémité de clôture pour effectuer une traversée par la chaussée. Il peut en résulter un déplacement des sites de mortalité vers les extrémités clôturées plutôt qu'une réduction per se de la mortalité chez la faune. La présence de passages inférieurs localisés dans des segments clôturés de routes peut aider à réduire la mortalité routière.

Cela ne signifie pas que des barrières seraient inutiles. S'il n'y avait pas de clôtures, il est probable que la mortalité routière serait beaucoup plus élevée et l'utilisation des passages fauniques plus faible. Nos données ne peuvent pas estimer ces différences car il n'y avait pas de sites de contrôle (passages sans clôtures) dans notre zone d'étude. Il est probable que les barrières ont un effet positif sur l'utilisation des passages en guidant les animaux vers les entrées des passages.

En Caroline du Nord, McCollister et van Manen (2010) ont rapporté que le nombre d'animaux trouvés morts était le plus faible près des passages inférieurs situés dans des segments clôturés d'autoroutes. Toutefois, celui-ci augmentait avec la distance qui les sépare de ces structures. Les animaux qui occupent des domaines vitaux plus petits semblent moins susceptibles d'atteindre le passage inférieur aménagé que de tenter de grimper par-dessus ou de ramper sous la clôture lorsque la distance à un passage inférieur est plus grande. Cela semble indiquer que l'efficacité des passages diminuerait la distance pour certaines espèces (p. ex., opossums et rats laveurs). Nous ne pouvions observer un tel effet dans le cadre de notre étude qui portait sur la RFL, car chaque section clôturée mesurait seulement 200 m de long alors que celles installées lors des travaux de McCollister et van Manen (2010) étaient de 6 375 m.

Les mesures d'atténuation le long de la route 175 ont été mises en place à des endroits qui étaient propices pour l'installation de passages inférieurs et qui semblaient représenter des corridors propices aux déplacements de la faune, de l'avis de spécialistes. Lors de la planification de ces mesures, aucune donnée n'était disponible sur la mortalité routière et l'abondance locale des espèces fauniques. Malheureusement, sans cette information à propos de l'abondance des populations fauniques à proximité des aménagements, il n'était pas possible de tirer des conclusions appropriées sur l'atténuation des effets à l'échelle des populations (van der Grift et coll. 2013). Les densités de populations peuvent être plus élevées dans les zones qui avoisinent les segments de route qui comportent des mesures d'atténuation. Par conséquent, cette situation peut mener à une mortalité routière supérieure aux autres segments qui en sont dépourvus (Dickerson 1939; Seiler et Helldin 2006). Les corridors où la faune se déplace plus abondamment ou fréquemment, devraient également aboutir à un nombre plus élevé de mortalité routière par rapport aux autres segments. Donc, le fait de comparer avec les autres segments le long de la route pourrait ne pas être valable, car la fréquence des déplacements ou les densités de population peut être inférieure à ces endroits. Cette situation peut être prise en compte dans une analyse statistique avec des données recueillies avant et après mise en place des mesures d'atténuation, p. ex., l'installation des clôtures et l'aménagement des passages fauniques. Cependant, pour la route 175, aucune donnée n'était disponible pour la période qui a précédé la

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

mise des mesures d'atténuation pour la faune de petite et moyenne taille. L'approche BACI n'était donc pas possible dans ce cas.

Puisque chaque clôture comporte deux extrémités, quel sera l'effet de son installation dans son ensemble? La mortalité routière diminue près des segments clôturés mais elle augmente aux extrémités de clôture. Afin de déterminer cet effet, nous avons évalué le nombre moyen d'individus tués par 100 m de segment de route, pour ensuite le comparer avec le niveau de la mortalité routière observé près des segments non clôturés.

**Tableau 5.4 Mortalité routière (nombre d'animaux tués par 100 m au cours des 4 périodes estivales), lorsque les effets des segments clôturés et de ceux appelés « extrémité de clôture » ont été combinés ensemble pour plusieurs espèces et groupes**

Espèces ou groupes	Mortalité routière observée			
	A. Segments clôturés sans les extrémités de clôture	B. Clôture de 100 m en moyenne et deux segments « extrémité de clôture » (pour chaque 200 m)	Comparaison de B vers C (en pourcentage)	C. Segments non clôturés
Toutes les espèces confondues	0,417	0,646	15 % supérieur	0,561
> 1 kg	0,313	0,484	24 % supérieur	0,391
< 1 kg	0,104	0,1614	5 % inférieure	0,1697
Porc-épic	0,188	0,2986	15 % supérieure	0,2591
Toutes les espèces confondues, sauf le porc-épic, la marmotte et les micromammifères	0,104	0,161	41 % supérieure	0,115

Fait intéressant, la mortalité routière observée est plus élevée lorsque les segments clôturés et ceux aux extrémités de clôture sont combinés que celle obtenue pour les segments non clôturés, sauf pour les petits mammifères (< 1 kg). En ce qui concerne les porcs-épics, la valeur calculée pour les segments de route non clôturés est 15 % plus élevée que celle pour les segments clôturés. Pour les mammifères de taille moyenne toutes espèces confondues, cette différence atteint 24 %. Ainsi, cela indique que les passages fauniques de même que les clôtures ont effectivement été mis en place aux endroits où la faune se déplaçait plus fréquemment ou que les densités de population étaient les plus élevées. Par conséquent, la présence de clôtures et de passages ne réduit donc pas la mortalité routière à un degré comparable à

celle de segments non clôturés, même si les clôtures réduisent la mortalité à un certain point.

Par contre, l'effet combiné des segments clôturés et ceux situés aux extrémités réduit la mortalité routière des petits mammifères de 5 %. Ce phénomène peut s'expliquer en partie puisque ces animaux peuvent se servir des clôtures en tant qu'obstacles à leurs déplacements, même s'il est aisé pour eux de se faufiler à travers les mailles. (À la section 5.1.6, une discussion qui porte sur la longueur des clôtures est présentée.)

#### **5.1.4 Probabilité de détection des animaux trouvés morts sur la route**

Nous avons remarqué que l'effet généré par la masse corporelle sur la détection de probabilité était significatif. Cette dernière variait justement d'un facteur de 4,8 selon les espèces. Les petits animaux affichaient une probabilité de détection inférieure aux espèces de plus grande taille. Cette constatation concorde avec les résultats obtenus par Teixeira et coll. (2013). Ils ont rapporté une probabilité de détection de 47 % en ce qui concerne les relevés menés à l'aide d'un seul véhicule qui atteignait une vitesse de 40 à 50 km/h avec deux observateurs à bord (en plus du conducteur). Les plus petits animaux pouvaient facilement passer inaperçus, surtout si les relevés étaient effectués en voiture (Slater 2002; Teixeira et coll. 2013; Guinard et coll. 2015). La méthode de Petersen que nous avons utilisée prenait déjà en considération la possibilité que certaines carcasses passent inaperçues au passage des deux véhicules lors de la réalisation des relevés en duplicata, de sorte que cette situation ne posait aucun problème. Un protocole standardisé qui porte sur la détection des animaux trouvés morts sur la route n'existe pas encore. Par conséquent, la comparaison de taux de mortalité qui proviennent de différentes études doit être réalisée avec prudence (Guinard et coll. 2012).

Les habiletés d'un observateur à détecter une carcasse peuvent influencer la probabilité de détection, même si cette constatation a déjà été abordée dans la littérature scientifique (Slater 2002; Boves et Belthoff 2012). Dans notre étude, nous n'avons pu confirmer que l'expérience des observateurs pouvait générer un effet. Aucun des observateurs affectés à cette tâche lors de notre étude ne possédait une expérience préalable avant la première réalisation de relevé en ce qui touchait la détection d'animaux trouvés morts sur la route. Nous avons donc émis l'hypothèse que plus le nombre de relevés de carcasses faits auparavant par l'observateur était élevé plus ce dernier serait enclin à détecter une carcasse puisqu'il aurait accru son expérience de détection. Cette hypothèse n'a pas été corroborée par les données, probablement à cause d'une faible taille d'échantillon et une expérience limitée des observateurs.

La grande majorité des études qui portaient sur la mortalité routière ne prenait pas en considération les deux principales sources de biais : la probabilité de



détection et la durée de persistance des carcasses. Ne pas en tenir compte peut mener à une sous-estimation importante des véritables taux de mortalité routière (Guinard et coll. 2015). Cette étude a démontré que les nombres réels d'animaux trouvés morts sur la route étaient sous-estimés respectivement par un facteur de 1,2 à 5,9 pour les mammifères de petite et de moyenne taille, en raison de la détection incomplète des carcasses uniquement. Selon Teixeira et coll. (2013), ces taux de mortalité peuvent être supérieurs de 2 à 39 fois lorsque la probabilité de détection et la durée de persistance sont prises en compte. Slater (2002) a déterminé que les véritables taux de mortalité pouvaient être de 12 à 16 fois plus élevés que ceux réellement observés pour divers vertébrés de petite et de moyenne taille. Ce taux s'élevait de 3 fois chez les oiseaux selon Guinard et coll. (2015), s'ils tenaient compte des deux sources de biais. Le fait de prendre en considération la probabilité de détection et la durée de persistance peuvent faciliter l'estimation des nombres réels d'animaux tués avec plus d'exactitude et l'examen des enjeux liés à la mortalité routière pour les populations fauniques affectées (p. ex., lors d'une analyse de viabilité sur l'un de ces populations).

La présente étude n'a pas tenu compte de la durée de présence des carcasses. Pour la plupart des animaux, la persistance sur la chaussée est de moins de 24 heures après une collision (Santos et coll. 2011; Teixeira et coll. 2013; Antworth et coll. 2005). Les carcasses de petite taille disparaissaient à un rythme supérieur par rapport à celles de plus grande taille (Santos et coll. 2011; Guinard et coll. 2012). À la suite de leurs travaux, Teixeira et coll. (2013) ont constaté que les taux de disparition en moins de 24 heures pouvaient atteindre 65 % pour les animaux de petite taille ( $\leq 500$  g) et 21 % pour ceux de grande taille ( $> 500$  g). Afin de minimiser l'impact d'une durée réduite de persistance, nous avons effectué des relevés quotidiens qui touchaient la mortalité, comme le suggérait Santos et coll. (2011). Le fait de prendre en considération la durée de persistance ferait augmenter la véracité de nos estimations en ce qui concerne les dénombrements totaux des animaux tués sur la route.

Même si l'on tient compte de la probabilité de détection et la durée de persistance, les taux de mortalité peuvent encore être sous-estimés de façon significative lorsque les relevés portent uniquement les animaux trouvés sur la chaussée. Certains animaux heurtés par un véhicule continuent de se déplacer et meurent à l'écart de la route. Alors qu'ils s'intéressaient aux animaux trouvés morts sur la chaussée, sur la voie d'accotement et dans l'environnement immédiat, Baker et coll. (2004) ont constaté que 24 % de tous les renards roux tués se trouvaient plutôt éloignés de la route. Ils sont morts à des endroits où ils n'auraient pu être comptés par une personne à bord d'une voiture. Guinard et coll. (2012) ont quant à eux remarqué que 68 % de tous les oiseaux trouvés morts se trouvaient sur les voies de circulation et le terre-plein central et 32% sur la voie d'accotement.

### 5.1.5 Estimation du nombre total d'animaux tués par année sur la route 175 (entre les kilomètres 64 et 223)

En moyenne, quel est le nombre de mammifères tués par année sur la route 175? Nous avons estimé les nombres totaux en fonction des données recueillies qui portaient sur le dénombrement des animaux trouvés morts sur la route au cours des quatre périodes estivales de 2012 à 2015 de même que leurs probabilités de détection (section 5.1.4) :

- toutes les espèces confondues : **13 500 animaux par année** (intervalle : de 3300 à 548 300);
- pour les mammifères de taille moyenne : **2 900 animaux par année** (intervalle : de 1000 à 5600);
- pour les petits mammifères : **10 600 animaux par année** (intervalle : de 2300 à 542 700);
- pour les porcs-épics : **1 150 animaux par année** (intervalle : de 586 à 2 186).

Les nombres estimés pour chaque espèce sont présentés au tableau 5.5. Ils sont particulièrement élevés et problématiques pour le porc-épic d'Amérique.

**Tableau 5.5 Estimations du nombre total d'animaux tués annuellement par la circulation automobile sur la route 175 pour 25 espèces (ou groupes) de mammifères de petite et de moyenne taille basées sur les nombres observés (voir tableau 4.2).** Les espèces sont ordonnées par valeurs décroissantes de masse corporelle (de la plus élevée à la plus faible); comme au tableau 5.3. La portion sud de la route 175 s'étend du km 75,5 jusqu'au km 143,5 (68 km).

Espèce	Valeur moyenne de masse corporelle <sup>a</sup> (g)	Taux de reproduction <sup>b</sup> (nombre de jeunes par année)	Nombre d'animaux trouvés morts sur les routes*	Nombre total estimé d'animaux tués par année sur la R175**	Intervalle de l'évaluation
Loup gris	30 000	6 <sup>c</sup>	0	?	?
Castor du Canada	23 000	3,5	8	<b>25</b>	13 – 46
Lynx du Canada	10 100	3,5	2	<b>6</b>	3 – 12
Raton laveur	9 500	4,5	12	<b>37</b>	19 – 69
Loutre de rivière	8 200	2,5	0	?	?
Porc-épic d'Amérique	6 400	1	374	<b>1150</b>	586 – 2 186
Renard roux	5 200	4,5	52	<b>160</b>	82 – 300

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Pékan	3 750	3	0	?	?
Marmotte commune	3 600	4,5	47	<b>145</b>	74 – 270
Mouffette rayée	3 050	5,5	42	<b>129</b>	67 – 240
Lièvre d'Amérique	1 250	12	41	<b>1 225</b>	162 – 20 060
Rat musqué commun	1 190	14	0	?	?
Martre d'Amérique	832	3,5	1	<b>30</b>	4 – 490
Vison d'Amérique	816	3,5	1	<b>30</b>	4 – 490
Écureuil roux	195	10	19	<b>658</b>	140 – 32 840
<i>Mustela</i> spp.	95 – 145	5 – 6,5	3	<b>104</b>	22 – 5 186
Grand polatouche	137,5	6	2	<b>69</b>	15 – 3 460
Tamia rayé	102,5	9	0	?	?
Condylure à nez étoilé	54	5	1	<b>35</b>	7 – 1 730
Campagnol spp.	27 – 44	12 – 20	33	<b>1143</b>	243 – 57 040
Souris-sauteuse des bois	21,5	9	9	<b>312</b>	66 – 15 560
Souris spp.	21	9 – 48	46	<b>1 593</b>	338 – 79 500
Musaraigne spp.	5 – 20	16 – 18	31	<b>1 074</b>	228 – 53 390
Mammifères non identifiés	-	-	67	<b>2 001</b>	265 – 32 787
Micromammifères non identifiés	5 – 40	9 – 48	102	<b>3 533</b>	750 – 176 320

\* en 4 périodes estivales pour la portion sud de la route 175

\*\* dans le secteur de la RFL

<sup>a</sup> Tirée de : Rytwinski et Fahrig (2011) (fondée en grande partie sur Eder (2002)) de même que Prescott et Richard (2004).

<sup>b</sup> Le taux de reproduction est évalué comme le nombre moyen de jeunes par portée que l'on multiplie par le nombre maximal déclaré de portées par année (Rytwinski et Fahrig 2011). Tiré de : Prescott et Richard (2004).

<sup>c</sup> En général, cette valeur correspond à la meute entière uniquement; dans les faits, elle se rapprocherait plutôt de 3.

Nous nous sommes servis des facteurs de conversion suivants afin de procéder à ces estimations :

- (a) La longueur de la route 175 entre les km 64 et 223 (début de la zone construite après la réserve faunique) représente une distance de 159 km. Nos relevés de mortalité ont couvert 68 km de ce total (du km 75,5 au

- km 143,5). Par conséquent, nous avons multiplié le nombre total d'animaux tués sur la route pour chaque espèce par  $159/68 = 2,304$  (sans incertitude).
- (b) Nous avons divisé le nombre total d'animaux tués sur la route pour chaque espèce par 4 afin de calculer des valeurs moyennes annuelles pour les mois d'été seulement. Puisque nos relevés ont couvert cette seule période estivale de 3,5 à 4 mois, le nombre d'animaux tués au cours d'une année est nettement plus élevé. Nous nous sommes servis d'un facteur de 2,5 (intervalle de 2 à 3) pour tenir compte de cette différence. Les déplacements d'animaux (et les approches vers la route) à l'automne sont plus fréquents qu'à l'été, mais ils le sont moins durant les mois d'hiver. La susceptibilité des espèces à se faire frapper sur la route pourrait varier d'une saison à l'autre selon leur comportement. Elle pourrait ainsi être plus élevée en période de dispersion ou d'accouplement et moins élevée pendant l'élevage des jeunes, la période d'hibernation, ou encore lorsque les conditions de neige limitent les déplacements.
- (c) Afin de tenir compte de la probabilité de détection en fonction de nos résultats, nous nous sommes servis des facteurs  $1/0,82 = 1,2$  pour les animaux de taille moyenne et  $1/0,17 = 5,9$  pour les petits mammifères, ainsi que les intervalles de confiance correspondants (Tableau 4.5).
- (d) En fonction des résultats obtenus par Baker et coll. (2004)<sup>1</sup> de même que Guinard et coll. (2012), nous nous sommes servis d'un pourcentage, entre 20 % et 40 %, pour tenir compte des animaux qui meurent à l'écart de la route (chaussée). Un facteur dont la valeur varie entre  $20/80 (= 0,25)$  et  $40/60 (= 0,67)$  représente la mortalité additionnelle qui est ajoutée à celle observée sur la chaussée (avec une moyenne de 0,46).
- (e) Afin de tenir compte de la durée de persistance, nous nous sommes servis de facteurs de conversion établis respectivement à 1,2 pour les animaux de taille moyenne (intervalle de 1 à 4) et 2,8 pour les petits mammifères (intervalle de 2,5 à 15). Ces dernières estimations sont fondées sur les résultats de Slater (2002) et de Teixeira et coll. (2013). En fait, Slater (2002) avait estimé ce facteur entre 12 et 16 pour les petits animaux; quant à Teixeira et coll. (2013), ils avaient évalué les taux de retrait en moins de 24 h des carcasses à 65 % pour les petits animaux de même que 21 % pour ceux de grande taille.

Nous nous sommes servis de facteurs de conversion intermédiaires pour les espèces dont la masse corporelle variait entre 500 et 1 500 g (vison d'Amérique, martre d'Amérique, rat musqué commun, lièvre d'Amérique) en ce qui a trait à la fois la probabilité de détection et la durée de persistance.

Toutefois, nous n'avons pas inclus une estimation qui tient compte d'un retrait éventuel des carcasses par les conducteurs. Ne pas prendre en considération

---

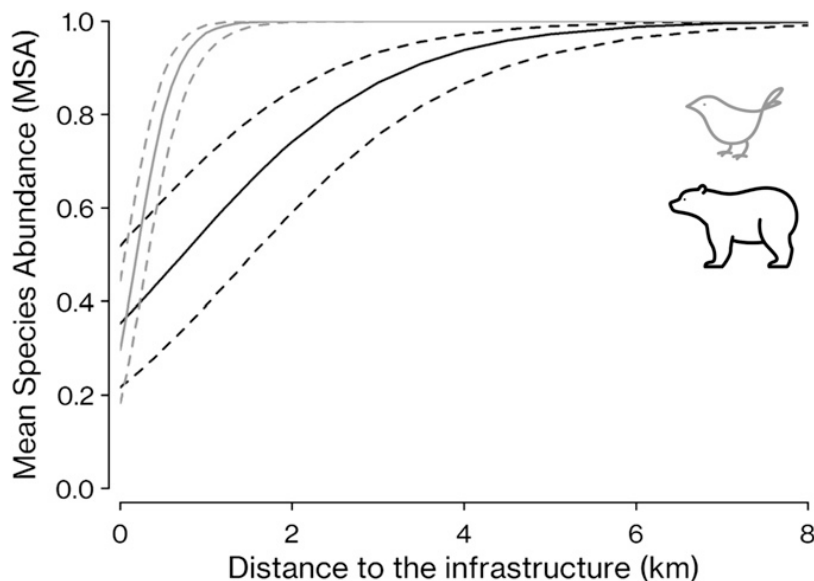
<sup>1</sup> Baker et coll. (2004) ont estimé que, pendant 7 ans de surveillance, 31,48 % des carcasses d'animaux tués étaient détectées à l'écart de la route (Teixeira et coll. 2013).

cette valeur peut également introduire une sous-estimation du nombre réel d'animaux tués. Une autre source qui évalue à la baisse une donnée recueillie concerne l'identification incomplète à l'espèce des parties de corps écrasées trouvées sur la chaussée. En fait, 19 % des animaux trouvés morts n'ont pu être ainsi identifiés. Dans l'ensemble, ces sous-estimations correspondent à un facteur additionnel qui équivaut en moyenne à 1,23 de la mortalité totale pour chaque espèce, sans doute plus souvent pertinent pour les petits mammifères qu'à ceux de moyenne taille. Les cas de « mammifères non identifiés » peuvent avoir inclus des espèces qui n'ont jamais été aperçues et désignées comme telles (p. ex., rat musqué commun, tamia rayé, loutre de rivière et pékan) ou bien identifiées à quelques occasions seulement (p. ex., vison d'Amérique, martre d'Amérique et lynx du Canada). Par conséquent, les nombres d'animaux tués sur la route estimés à la baisse doivent être interprétés avec prudence notamment pour ces espèces (p. ex. ceux annotés du signe « ? » au tableau 61). Le très faible nombre d'individus trouvés sur la chaussée ne signifie d'aucune façon que ceux-ci ne soient jamais ou presque tués sur la route 175.

De quelle façon les nombres d'animaux trouvés morts sur la chaussée se comparent-ils aux densités des populations dans la zone susceptible d'être touchée par la route 175? La réponse à cette question n'est pas connue, car les estimations de densités de population pour la RFL n'étaient pas disponibles, et il n'était pas possible d'estimer les abondances des populations dans le cadre de ce projet. Cette question dépassait donc le cadre de ce projet. Par conséquent, il est nécessaire d'obtenir des informations sur cette question dans le cadre d'un projet de suivi, c.-à-d. une étude sur la densité des différentes espèces dans la RFL à différentes échelles (pas seulement à l'échelle de la RFL) afin d'évaluer si les populations sont mises en péril par la route 175. Une telle étude doit considérer que les populations présentent des fluctuations marquées sans être cycliques (Dr. M. Cheveau, MFFP). Les données qui se rapportent aux animaux tués sur la route devraient également refléter les dynamiques de population (Case 1978, Mallick et coll. 1998, Gehrt 2002). Cheveau et coll. (2004) ont démontré que les campagnols affichaient un cycle régulier de variation des effectifs de population en forêt boréale du Québec au nord du 49e parallèle, avec des populations réduites à tous les quatre ans. Cependant, au sud du 49e parallèle, il n'y a pas de cycles clairs, seulement des variations d'abondance qui ne sont pas nécessairement synchrones à la grandeur du Québec (Dr. M. Cheveau, MFFP). Ce phénomène pourrait expliquer le déclin substantiel du nombre des micromammifères observés pendant la période de 2012 à 2015.

Afin de mettre en contexte le nombre estimé d'animaux tués sur la route, nous résumons le résultat principal d'une méta-analyse récente en écologie routière : La largeur moyenne de la zone d'influence de la route pour les mammifères se

chiffre à 6 km (pour chaque côté de la route; Benitez-Lopez et coll. 2010; figure 5.3). À l'intérieur de cette zone, les effectifs de population sont réduits en moyenne de près de 23 % (à la figure 5.3, l'aire au-dessus de la courbe; intervalle de confiance de 95% = de 15 % à 30 %). Cette réduction crée des espaces inoccupés dans lesquels des nouveaux migrants de l'extérieur peuvent immigrer pour établir leurs domaines vitaux. La zone d'influence de la route peut agir ainsi comme un puits pour ces espèces. Puisque cette estimation de la zone d'influence de la route ayant trait aux mammifères et développée par Benitez-Lopez et coll. (2010) est fondée sur des données qui tiennent compte de 35 mammifères de petite, moyenne et grande taille, nous avons également considéré d'utiliser la valeur de 2 km (pour chaque côté de la route) en tant que zone d'influence de la route et comme outil de comparaison (tableau 5.6), car elle peut être adéquate pour les espèces plus petites dont les distances de mouvement sont plus courtes.



**Figure 5.3** Relation entre l'abondance moyenne des espèces (AME) et la distance qui sépare d'une infrastructure routière les mammifères et les oiseaux, en se basant sur les analyses de métarégression effectuées par Benitez-Lopez et coll. (2010). Les lignes pleines représentent la courbe des valeurs estimées pour les mammifères (en noir) et les oiseaux (gris) en fonction de la distance qui les sépare d'une infrastructure routière. Les lignes pointillées représentent les intervalles de confiance à 95 % qui servent en guise de prédiction. (Source : Torres et coll. 2016)

En conséquence, la superficie couverte par la zone d'influence de la route (ZER<sub>6km</sub>) équivaut à :

$$\text{Longueur de la route} \times 2 \times 6 \text{ km} = 159 \text{ km} \times 12 \text{ km} = 1\,908 \text{ km}^2.$$

La superficie couverte par la zone réduite d'influence de la route (ZER<sub>2km</sub>) équivaut à :

$$\text{Longueur de la route} \times 2 \times 2 \text{ km} = 159 \text{ km} \times 4 \text{ km} = 636 \text{ km}^2.$$

La zone d'influence de la route 175 couvre un grand territoire : elle atteint quatre fois la superficie de l'île de Montréal (500 km<sup>2</sup>) et 2,8 fois celle du PNJC (670 km<sup>2</sup>).

La taille de la superficie couverte par la RFL (7 861 km<sup>2</sup>), le PNJC (670 km<sup>2</sup>) et la FM (66 km<sup>2</sup>) totalisent 8 597 km<sup>2</sup>.<sup>2</sup> En conséquence, la superficie couverte par la zone d'influence de la route (ZER<sub>6km</sub>) correspond à 22,2 % de celle-ci. La superficie couverte par la zone réduite d'influence de la route (ZER<sub>2km</sub>) correspond quant à elle à 7,4 %.

Nous avons ensuite comparé les nombres estimés d'animaux tués sur la route (tirées du tableau 5.5) aux niveaux de récolte liée au piégeage (Tab. 5.6). La comparaison est fondée sur des données fournies par le MFFP pour les espèces piégées pour l'ensemble du territoire de la réserve faunique des Laurentides. Une valeur moyenne sur quatre ans a été obtenue à partir de 2011-2012 jusqu'à 2014-2015, d'une même durée que notre étude. Les données provenaient du nombre de peaux récoltées et échangées sur le marché de la fourrure. Les fluctuations semblaient indiquer que le nombre d'individus récoltés corrélait en partie uniquement par la densité des populations, car l'effort de piégeage est fortement affecté par les fluctuations du prix des fourrures. Les données de piégeage touchaient à 12 espèces pour la période couverte de 1984-1985 à 2014-2015, en ce qui a trait au nombre d'animaux capturés dans toute la RFL. Également, les informations qui touchaient à l'abondance relative et aux tendances des populations étaient extraites des carnets des trappeurs, c.-à-d. leurs estimations en ce qui regarde les populations de 4 espèces (lièvre d'Amérique, écureuil roux, grand polatouche et micromammifères, comme souris et campagnols). Les trappeurs indiquaient si l'espèce était absente (0), rare (1), commun (2) ou abondante (3). Aussi, ils faisaient de même si la population était en déclin (-1), stable (0) ou en

---

<sup>2</sup> Comme décidé en 2014, la FM sera agrandie à 412 km<sup>2</sup> dans les prochaines années; cet agrandissement va réduire en conséquence la taille de la RFL; toutefois, la somme de leurs superficies restera identique. La taille de la RFL couvre 7 861 km<sup>2</sup> (<https://www.sepaq.com/rf/lau/portrait.dot>) ou bien 7 934 km<sup>2</sup> (p. ex., voir Fortin et Cantin 2004) (les deux valeurs étaient trouvées). Puisque la première semblait la plus récente, nous nous sommes d'abord servis de celle-ci.

croissance (1). Aucune donnée n'est disponible en ce qui a trait à la densité des populations d'espèces non récoltées (porc-épic, marmotte et tamia rayé). Nous nous sommes servis de la ZER<sub>6km</sub> et la ZER<sub>2km</sub> pour les analyses comparatives. Les effets occasionnés par la présence de la route 175 sur les populations fauniques présentes dans le PNJC et la FM peuvent aussi être analysés de façon distincte car une grande partie du PNJC et de la FM est située dans le ZER<sub>6km</sub>. Les proportions de territoire se trouvant à l'intérieur de la ZER<sub>6km</sub> sont plus grandes que la proportion de la RFL se trouvant à l'intérieur de la ZER<sub>6km</sub>. Cependant, une comparaison qui porte sur les niveaux de la récolte liée au piégeage dans toute la superficie couverte par la RFL, le PNJC de même que la FM réunis ne serait pas appropriée parce que les superficies des zones d'influence ZER<sub>6km</sub> (1 908 km<sup>2</sup>) et ZER<sub>2km</sub> (636 km<sup>2</sup>) sont beaucoup plus petites que la superficie totale (8 597 km<sup>2</sup>); c.-à-d. que cette dernière étendue est trop vaste pour effectuer des comparaisons valides (plus de quatre fois supérieure).

**Tableau 5.6 Comparaisons entre le nombre moyen estimé d'animaux tués par année par rapport aux niveaux de récolte liés au piégeage (valeur moyenne annuelle relative aux quatre périodes estivales, de 2011-2012 à 2014-2015). Tous ces événements sont survenus à l'intérieur de la ZER<sub>6km</sub> et la ZER<sub>2km</sub> pour les 23 espèces (ou groupes) de mammifères de petite et de moyenne taille présents dans la RFL, le PNJC et la FM. (ZER = zone des effets routiers). Le nombre d'animaux piégés a été calculé en fonction d'une superficie qui équivaut à 1 908 km<sup>2</sup> = 24,3 % et 636 km<sup>2</sup> = 8.1% de celle de la RFL (7 861 km<sup>2</sup>). Les espèces sont ordonnées par valeur décroissante de masse corporelle (de la plus élevée à la plus faible). Une grande incertitude existe quant aux nombres estimés d'individus (tel qu'indiqué par les intervalles). Elle est liée au fait que les populations de plusieurs espèces se caractérisent par des fluctuations marquées de variation des effectifs. Nous avons seulement inclus les espèces qui affichent des effets susceptibles négatifs ou possibles envers la présence d'une route, d'après le tableau 5.3 et la figure 5.2, c.-à-d. que les IP ne se trouvaient pas entièrement au-dessus de 0. Notez que les mammifères et les micromammifères non identifiés ne font pas partie de ce tableau (un nombre estimatif additionnel de 5 534 individus, comme indiqué au tableau 5.5). (Sources : tableaux 5.5 de même que le MFFP pour les données qui portaient sur la récolte.)**



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Espèce</b>	<b>Nombre moyen d'animaux tués sur la route par année [intervalle]<sup>a</sup></b>	<b>Nombre moyen d'ind. récoltés dans la RFL par année</b>	<b>Nombre moyen d'ind. récoltés à l'intérieur de la ZER<sub>6km</sub></b>	<b>Ratio du nombre d'animaux tués sur la route / le nombre d'ind. récoltés à l'intérieur de la ZER<sub>6km</sub> [intervalle]</b>	<b>Nombre moyen d'ind. récoltés à l'intérieur de la ZER<sub>2km</sub></b>	<b>Ratio du nombre d'animaux tués sur la route / le nombre d'ind. récoltés à l'intérieur de la ZER<sub>2km</sub> [intervalle]</b>
Loup gris	?	-	-	?	-	-
Castor du Canada	25 [13-46]	560	136	18 % [10-34 %]	45	55% [29-101%]
Lynx du Canada	6 [3-12]	97	24	26 % [13-51 %]	8	77% [38-153%]
Raton laveur	37 [19-69]	73	18	210 % [108-392 %]	6	631% [324-1176%]
Loutre de rivière	?	58	14	?	5	?
Porc-épic d'Amérique	1150 [586-2186]	-	-	-	-	-
Renard roux	160 [82-300]	218	53	302 % [155-566 %]	18	906% [464-1699%]
Pékan	?	19	4,6	?	1,5	?
Marmotte commune	145 [74-270]	-	-	-	-	-
Mouffette rayée	129 [67-240]	23	5,6	2286 % [1187-4253 %]	2	6858% [3562-12760%]
Lièvre d'Amérique	1 225 [162-20 060]	-	-	-	-	-
Rat musqué commun	?	458	111	?	37	?
Martre d'Amérique	30 [4-490]	863	210	14,3 % [1,9-234 %]	70	43% [6-702%]
Vison d'Amérique	30 [4-490]	102	25	121 % [16-1984 %]	8	364% [49-5952%]
Écureuil roux	658 [140-32 800]	180	44	1504 % [320-74 972 %]	15	4512% [960-224,900%]
<i>Mustela</i> spp.	104	327	79	131 %	27	393%

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	[22–5186]			[28–6529 %]		[83-19,590%]
Grand polatouche	69 [15–3460]	-	-	-	-	-
Tamia rayé	?	-	-	-	-	-
Condylure à nez étoilé	35 [7–1730]	-	-	-	-	-
Campagnol spp.	1143 [243–57 040]	-	-	-	-	-
Souris-sauteuse des bois	312 [66–15 560]	-	-	-	-	-

<sup>a</sup> Tirés du tableau 5.5.

<sup>b</sup> Fondée sur le nombre de peaux transigées sur le marché de la fourrure, de même que les informations contenues dans les carnets des trappeurs (elles provenaient toutes du MFFP).

Parmi les espèces sensibles aux effets routiers négatifs (avec leur IC entier inférieur à 0 dans la figure 5.2), celles qui présentent le plus grand nombre de mortalités due à la circulation le long de la route 175 sont le porc-épic et le renard roux, suivis par la mouffette rayée, le vison d'Amérique et la martre d'Amérique ainsi que le raton laveur et le castor du Canada. Nous sommes moins préoccupés au sujet des marmottes, parce que les effectifs étaient moins élevés avant l'élargissement de la route 175 que maintenant à cause de l'augmentation des habitats propices à cette espèce.

**Renard roux :** Le taux de reproduction annuel de ces animaux se chiffre seulement à 4,5 jeunes. De plus, les dimensions de leurs domaines vitaux varient généralement entre 5 et 60 km<sup>2</sup>, ce qui indique des déplacements sur de longues distances. En conséquence, les renards sont très affectés par la présence des routes en général (figure 5.2). Le nombre estimé d'animaux tués par année sur la route 175 totalise 160 [intervalle : de 82 à 300]. Aussi, ce nombre correspond au triple de celui des renards récoltés à l'intérieur d'une superficie de même taille que cette zone en question (53), c.-à-d. 302 % [intervalle : de 155 à 566 %]. Il correspond également à 73 % [intervalle : de 38 à 138 %] du nombre des renards récoltés par année dans l'ensemble de la RFL (218). Il n'est pas connu si ces valeurs sont durables ou non et si elles sont conformes aux missions de la RFL, du PNJC et de la FM.

**Porc-épic d'Amérique :** Le nombre estimé d'animaux tués par année sur la route 175 atteint 1 150 [intervalle : de 586 à 2186]. Le domaine vital du porc-épic est beaucoup plus petit (environ deux ordres de grandeur plus petit) que celui du renard roux, et la densité de population est généralement beaucoup supérieure à celle du renard roux. Toutefois, le nombre d'individus tués est

quasiment sept fois plus élevé, tandis que leur taux de reproduction équivaut à un facteur de 4,5 plus faible, ces variables étant toujours comparées à celles du renard roux. Leurs comportements face aux routes et les véhicules semblent beaucoup plus préjudiciables sur le risque de mortalité que ceux associés aux renards roux.

Quoique les porcs-épics soient généralistes à l'échelle du paysage, ils évitent des éléments comme les milieux anthropiques et les forêts conifériennes à l'échelle de leur domaine vital et préfèrent les boisés feuillus dominés par le peuplier faux-tremble et les boisés mixtes. À l'échelle de l'arbre, leur préférence va davantage aux arbres fruitiers et au peuplier faux-tremble qu'aux autres feuillus. Quant à Berteaux (2009), il a observé une très forte baisse de sa densité, qui passait de 40 à 0,5 ind./km<sup>2</sup> toujours dans le parc national du Bic pendant la période de 2000 à 2008. Il a aussi remarqué des cycles réguliers qui duraient de 11 à 22 ans. Les porcs-épics atteignent la maturité sexuelle qu'à l'âge de 1,5 à 2,5 ans, et ils n'ont qu'un seul rejeton par année. Également, les jeunes meurent souvent dès leur premier été alors que la mortalité des adultes a lieu principalement en dehors de cette saison, lorsqu'ils perdent naturellement du poids à cause de la raréfaction de la nourriture (Berteaux 2009, Berteaux et coll. 2005). Par conséquent, ils sont particulièrement vulnérables à la présence des routes (figure 5.2). Ils n'ont pas tendance à éviter la chaussée, ils se déplacent lentement et ils ne fuient pas à l'approche de véhicules routiers. Cependant, les populations de porcs-épics peuvent bénéficier jusqu'à un certain point de la mortalité routière de leurs prédateurs et de la tendance de ces derniers à éviter la chaussée, notamment le pékan (Berteaux 2009). Il n'est pas connu si le taux de mortalité lié à la route 175 chez le porc-épic est durable ou non et s'il est conforme aux missions de la RFL, du PNJC et de la FM. Les porcs-épics ne sont pas piégés dans le RFL. L'installation de clôtures demeure la seule option pour atténuer les effets de la mortalité routière chez cette espèce. De nombreuses autres espèces en retireront également des avantages.

**Mouffette rayée** : Le nombre estimé d'animaux tués par année sur la route 175 totalise 129 [intervalle : de 67 à 240]. Aussi, ce nombre correspond à 20 fois et plus celui des mouffettes piégées (5,6) à l'intérieur d'une superficie de même taille que cette zone en question. Il représente également 550 % [intervalle : de 290 à 1030 %] des 23 mouffettes récoltées par année dans l'ensemble de la RFL. Le secteur de la RFL ne constitue pas un habitat de prédilection pour la mouffette rayée (Dr. M. Cheveau, MFFP). Le nombre de mouffettes récoltées est faible, car ces animaux ne présentent que peu d'intérêt pour leur fourrure. Leur taux de reproduction atteint 5,5, et, en conséquence, il en résulte un impact général négatif des routes sur les mouffettes (figure 5.5). Peu de choses sont connues sur le comportement de ces animaux relativement à la chaussée

et aux véhicules routiers. Il n'est pas connu si le taux de mortalité lié à la route 175 chez la mouffette rayée est durable ou non et si il est conforme aux missions de la RFL, du PNJC et de la FM. Cette espèce pourrait bénéficier si les tronçons avec des densités élevées de mortalités le long de la route 175 étaient clôturés.

**Vison d'Amérique :** Le nombre estimé d'animaux tués par année sur la route 175 totalise 30 [intervalle : de 4 à 490]. Aussi, ce nombre est similaire à celui des visons récoltés (25) à l'intérieur d'une superficie de même taille que cette zone en question, c.-à-d. 121 % [intervalle : de 16 à 1984 %]. Il correspond également à 30 % [intervalle : de 4 à 482 %] des 102 visons récoltés par année dans l'ensemble de la RFL.

Les intervalles associés à ces estimations demeurent assez grandes puisqu'une grande incertitude est rattachée à la probabilité de détection. En outre, le nombre de visons tués sur la route pourrait être sous-estimé car le groupe des mammifères non identifiés pouvait inclure quelques spécimens. Par conséquent, il n'est pas clair que la mortalité routière puisse devenir une préoccupation pour la population de visons. Des analyses génétiques pourraient être envisagées sur des carcasses trouvées sur la chaussée et non identifiées afin de déterminer l'espèce. De façon générale, la présence des routes affecte négativement les populations de visons (figure 5.2).

Les visons, ainsi que les martres peuvent se déplacer très rapidement. Ils tentent rarement de traverser la chaussée. Lorsque des visons tentent de traverser, il se peut fort bien qu'ils se déplacent à vive allure évitant de se faire heurter par les véhicules.

**Martre d'Amérique :** À l'instar des visons, le nombre estimé d'animaux tués par année sur la route 175 totalise 30 [intervalle : de 4 à 490]. Aussi, ce nombre correspond au septième de celui des martres récoltées (210) à l'intérieur d'une superficie de même taille que cette zone en question, c.-à-d. 14,3 % [intervalle : de 1,9 à 234 %]. Il représente également 3,5 % [intervalle : de 0,5 à 57 %] des 863 martres récoltées par année dans l'ensemble de la RFL. Par conséquent, ce nombre ne semble pas être suffisant pour avoir beaucoup d'incidence sur la population, mais les intervalles associés à ces estimations sont assez grandes. Le nombre d'animaux tués sur la route pourrait être sous-estimé car le groupe des mammifères non identifiés pouvait y inclure quelques spécimens.

L'effet des routes sur les martres est négatif et similaire à celui sur le vison (figure 5.2). Les taux de reproduction chez les martres sont faibles et la longévité élevée. Pour un mammifère qui pèse moins de 1 kg, ces caractéristiques suggèrent que cette espèce récupère lentement suite à des impacts à l'échelle de la population (Buskirk et Ruggiero 1994). La coupe à blanc peut réduire les densités de population des martres pour plusieurs

décennies. Elles possèdent des domaines vitaux très vastes, un corrélat des faibles densités observées chez cette espèce. Lorsque les proies se raréfient, les domaines vitaux des martres s'agrandissent et leur densité décroît (Thompson et Colgan 1987).

En règle générale, les martres évitent les milieux ouverts comme l'emprise de la route 175. Elles peuvent également se déplacer très rapidement afin de fuir leurs prédateurs alors qu'elles traversent de tels milieux. Elles tentent rarement de traverser la chaussée et lorsqu'elles font des tentatives, il se peut qu'elles se déplacent à vive allure évitant de se faire heurter par les véhicules. Les données de télémétrie ont démontré à l'objectif 3 que plusieurs martres ont franchi la route avec succès dans la présente étude. Une analyse génétique peut être utilisée afin d'identifier à l'espèce les carcasses qui n'ont pu l'être à l'aide de l'inspection visuelle.

**Lynx du Canada :** Le lynx est particulièrement vulnérable à la présence des routes, tout comme le pékan (Figure 5.2). Le taux de reproduction annuel de cette espèce est seulement de 3,5 jeunes. De plus, les dimensions de leurs domaines vitaux varient généralement entre 16 et 20 km<sup>2</sup>, ce qui indique des déplacements sur de longues distances. Le nombre estimé des lynx tués par année sur la route 175 d'après nos observations, totalise 6 individus [intervalle : de 3 à 12]. Aussi, ce nombre correspond à 26 % [intervalle : de 13 à 51 %] du nombre de lynx piégés à l'intérieur d'une superficie de même taille (24) que la zone d'influence de la route 175. Il correspond également à 6 % [intervalle : de 3 à 12 %] des 97 individus piégés par année durant la même période dans l'ensemble de la RFL.

Nos relevés de mortalité routière pourraient avoir sous-estimé de façon significative le dénombrement sur la route 175 pour les lynx, car les conducteurs peuvent retirer les carcasses (plus souvent que pour les renards). Cette espèce pourrait bénéficier si des clôtures pour mammifères de moyenne taille étaient installées sur de tronçons de forte densité de mortalité de la route 175 (sauf s'ils grimpent les clôtures). Il est aisé actuellement pour les lynx de se faufiler à travers les clôtures mises en place pour la grande faune car ils peuvent facilement passer à travers les mailles de la clôture existante. Ces clôtures ne constituent d'aucune façon un obstacle aux déplacements pour cette espèce.

**Lièvre d'Amérique :** Le nombre estimé d'individus tués par année sur la route 175 totalise 1 225 [intervalle : de 162 à 20 060]. L'intervalle associé à cette estimation demeure assez grande. Aucune estimation actuelle n'est disponible sur le nombre de lièvres d'Amérique récoltés dans la RFL. Leur taux de reproduction demeure élevé avec 12 jeunes par année, et la dimension de leurs domaines vitaux varie généralement entre 2 et 16 ha. Les populations de

lièvres pourraient bénéficier d'un effet négatif de la route sur le lynx du Canada. Selon les prédictions, les effets occasionnés par la présence des routes sur le lièvre d'Amérique s'avèrent neutres ou légèrement positifs (Figure 5.2). Par conséquent, les dénombrements d'animaux tués sur la route ne posent aucun problème, mais pourraient peut-être devenir une éventuelle préoccupation lorsque la population se trouve dans le bas du cycle (quand on observe peu d'individus morts sur la route 175) car la densité du trafic routier ne diminue pas lorsque la population de lièvres d'Amérique diminue (comme le fait la densité du lynx du Canada). Cependant, il faut aussi considérer que les lièvres ne semblent pas présenter de cycles dans le sud du Québec (Dr. M. Cheveau, MFFP).

**Écureuil roux :** Le nombre estimé des animaux tués par année sur la route 175 totalise 658 [intervalle : de 140 à 32 800]. Les intervalles associés à ces estimations demeurent très grandes, en raison de la grande incertitude liée à la probabilité de détection des écureuils (Tableau 4.5). Aussi, ce nombre correspond à 15 fois [intervalle : de 3,2 à 750] le nombre total d'individus récoltés à l'intérieur d'une superficie de même taille que la zone d'influence (44). Il correspond également à 3,7 fois [intervalle : de 0,8 à 182] la totalité (180) des écureuils récoltés par année dans l'ensemble de la RFL. Ce ratio demeure très élevé, étant donné que ces animaux ne présentent que peu d'intérêt pour le piégeage et que le nombre d'individus reste bas.

Le taux de reproduction des écureuils atteint sur une base annuelle 10 jeunes; de plus, les dimensions de leurs domaines vitaux varient généralement entre 0,75 et 1,5 ha, ce qui indique des déplacements sur de courtes distances. Par conséquent, les effets prédits qui concernent la présence des routes envers les écureuils s'avèrent neutres ou légèrement positifs (figure 5.2). Les nombres d'animaux tués sur la route 175 ne posent probablement aucun problème à la population.

***Mustela spp.* :** Le nombre estimé des belettes à longue queue de même que des hermines tuées par année sur la route 175 totalise 104 [intervalle : de 22 à 5 186]. Aussi, ce nombre correspond à 1,3 fois [intervalle : de 0,3 à 65] celui d'individus de ces espèces récoltés à l'intérieur d'une superficie de même taille que la zone d'influence de la route (79). Il correspond également environ à un tiers [intervalle : de 7 à 1585 %] des 327 animaux récoltés par année dans l'ensemble de la RFL. Les intervalles associés à ces estimations demeurent très grandes, en raison de la grande incertitude liée la probabilité de détection. Toutefois, ces nombres relatifs sont supérieurs lorsque comparés à une plus petite zone d'influence de la route. Par exemple, cette zone mesure 2 km de largeur de chaque côté de la route ( $ZER_{2km}$ ), les ratios deviennent alors trois fois plus élevés (Tab. 5.6). Dans ce contexte, le nombre estimé des individus tués par année sur la route 175 équivaut à 3,9 fois [intervalle : de 0,8 à 196] de

celui des animaux récoltés à l'intérieur d'une superficie de même taille. Pour les petits mammifères (< 300 g), même une zone réduite serait davantage appropriée, car ceux-ci vivent également dans des domaines vitaux plus restreints et qu'ils ont de plus faibles distances de dispersion. L'exemple qui suit concerne une zone des effets routiers de 2 x 1 km (pour une largeur totale de 2 km). Le nombre estimé des belettes à longue queue et hermines tuées par année sur la route 175 correspond à 7,9 fois [intervalle : de 1,7 à 392] de celui des individus récoltés à l'intérieur d'une superficie de même taille.

Les taux annuels de reproduction des belettes à longue queue et des hermines se chiffrent respectivement à 5 et 6,5 jeunes. Les dimensions de leurs domaines vitaux ne varient de façon générale qu'entre 12 et 25 ha. Par conséquent, les effets de la présence des routes sur les belettes à longue queue s'avèrent plus négatifs que neutres, tandis que ceux sur les hermines s'approchent pour la plupart de la neutralité, mais peuvent devenir négatifs (Figure 5.2). En raison des très grandes incertitudes liées aux nombres estimés, il devient difficile d'évaluer si les nombres d'animaux tués sur la route 175 ne posent pas un problème aux populations de belettes à longue queue et d'hermines.

Le **raton laveur** fréquente les forêts mixtes et feuillues, de même que les régions agricoles. On le trouve en bordure des forêts, le long des cours d'eau et dans les marécages (Prescott et Richard 2013). Les ratons laveurs sont moins abondants dans la portion nord de la RFL que dans la portion sud, quoique des individus ont été observés aux passages aménagés aux km 133 et km 144 (les résultats sont présentés à l'objectif 2).

Le taux annuel de reproduction des ratons laveurs est de 4,5 jeunes. Les dimensions de leurs domaines vitaux varient généralement entre 5 et 2 560 ha, ce qui indique des déplacements sur des distances moyennes. Par conséquent, la présence des routes les affecte fortement en général (Figure 5.2). Le nombre estimé des ratons laveurs tués par année sur la route 175 totalise 37 [intervalle : de 19 à 68]. Ce nombre correspond au double de celui récoltés à l'intérieur d'une superficie de même taille que la zone d'influence (18), c.-à-d. 210 % [intervalle : de 108 à 392 %]. Il correspond également à 51 % [intervalle : de 26 à 95 %] des 73 individus récoltés par année dans l'ensemble de la RFL. Il est peu probable que le nombre d'animaux tués sur la route 175 devienne préoccupant pour la population.

Parmi les spécimens trouvés morts sur la route 175 lors de nos relevés de mortalité, aucun individu des espèces suivantes n'a été identifié : **loup gris**, **pékan**, **loutre de rivière**, **rat musqué commun** et **tamia rayé**. Par conséquent, les mortalités associées à ces espèces ne peuvent être estimées. Il est possible que des individus de ces espèces aient pu être tués à d'autres

moments de la journée ou à une autre période de l'année, ou bien retirés de la chaussée par les conducteurs. Aussi, ces espèces peuvent ne pas avoir été tuées durant la période des relevés de mortalité en raison des effets temporels aléatoires des événements de mortalité. Finalement, les carcasses auraient été tellement endommagées rendant impossible l'identification de l'espèce (peut-être moins difficile pour les loups et les loutres de rivière comparativement au pékan, au rat musqué commun et au tamia rayé). À titre comparatif, l'identification des porcs-épics était toujours possible grâce à la présence des aiguilles même si la carcasse est très endommagée. À notre connaissance, aucune étude n'a pu évaluer jusqu'à maintenant le niveau de facilité ou de fiabilité pour identifier les différents spécimens aplatis sur la chaussée, ce qui peut se traduire par une sous-estimation à plusieurs égards des nombreuses espèces rencontrées. Ce contexte diffère de la durée de persistance, car la carcasse peut toujours demeurer au sol même s'il est difficile d'identifier l'espèce en soi. Le temps requis pour identifier une espèce va sans doute différer entre les espèces même si la durée de persistance reste similaire. Des analyses génétiques pourraient être utilisées dans d'autres études afin d'identifier à l'espèce les carcasses très endommagées. Il paraît raisonnable de présumer que la mortalité routière ne pose pas un problème aux loups, aux pékans, aux loutres de rivière, aux rats musqués de même qu'aux tamias rayés. Cependant, les considérations suivantes peuvent ainsi devenir pertinentes.

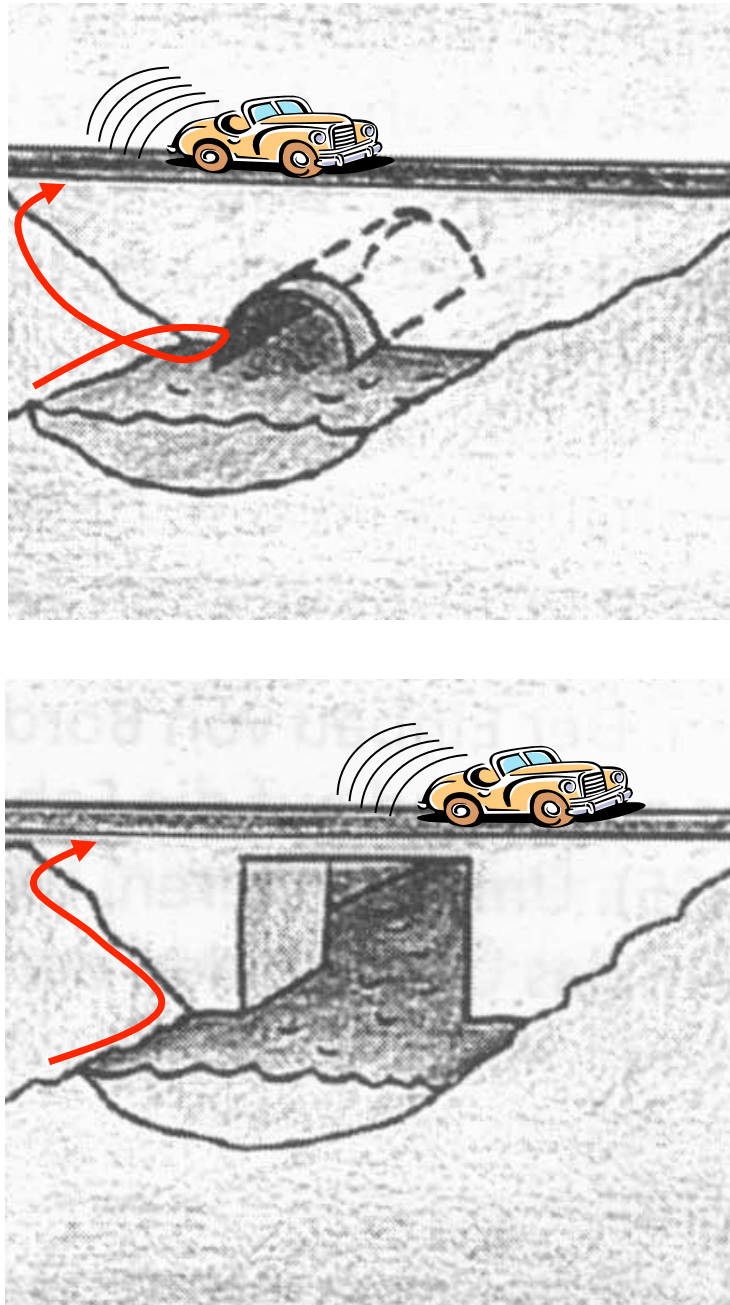
Les **pékans** demeurent les prédateurs les plus importants des porcs-épics. De façon générale, ils sont vulnérables, comme les lynx, à la présence des routes (Figure 5.2). Les dimensions des domaines vitaux des femelles varient généralement entre 4 et 32 km<sup>2</sup>, celles des mâles entre 16 et 85 km<sup>2</sup>; c.-à-d. qu'ils se déplacent sur de grandes distances, plus importantes que pour les martres. Sur une base annuelle dans la RFL, le nombre de pékans piégés s'est élevé à 19 par an dans le RFL en 2011/12 - 2014/15, nettement inférieur à celui des martres. Il n'y a presque pas de pékans dans la RFL car on se trouve à la limite de l'aire de distribution de l'espèce (Dr. M. Cheveau, MFFP). En moyenne, les nombres rapportés au cours des années précédentes étaient plus faibles; c.-à-d. qu'ils s'élevaient à 5 ind./an entre 1984 et 1988, ainsi que 13,7 ind./an entre 1998 et 2011.

Les **loutres de rivière** sont vulnérables à la présence des routes (Figure 5.2). Elles suivent souvent des voies navigables qui traversent éventuellement de petits ponceaux sous les routes, puis elles ont tendance à se déplacer vers le haut pour atteindre le talus, franchir la chaussée à même les véhicules et parfois se faire tuer par ceux-ci. La mortalité liée à l'humain, principalement par le piégeage et la destruction de l'habitat, demeure la plus importante cause de mortalité (Melquist et Hornocker, 1983). « Puisque la densité des loutres est



peu élevée, que leur taux de reproduction est faible (Liers 1951) et qu'elles sont limitées aux milieux semi-aquatiques, les petites populations sont particulièrement vulnérables à la disparition par des phénomènes stochastiques comme un changement dans le rapport des sexes, une mauvaise année de reproduction ou encore une perte de diversité génétique (Serfass et coll. 1993) » (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec 2006). Des études menées en Allemagne de l'Est ont démontré que la mortalité routière demeure la principale source de mortalité dans les populations de loutres eurasiennes (*Lutra lutra*) et qu'elle menace fortement les populations que ces dernières ne seraient viables à long terme (Binner et coll. 1999). Quant à Hauer et coll. (2002), ils ont rapporté que les causes principales de mortalité en Allemagne de l'Est chez les loutres étaient les accidents de circulation (69,9 %), suivis des mortalités naturelles (6,6 %), celles causées par les pièges à poissons (6 %), la chasse (4,1 %) ainsi que d'autres événements violents (4,4 %). De même, la mortalité routière a été identifiée comme étant la cause de mortalité la plus fréquemment documentée chez les loutres dans le comté d'Uckermark, en Allemagne de l'Est comme d'autres régions de ce pays (Körbel 2001; Sommer et coll. 2005; Wölfel et Tessendorf 2000; Zinke 1991, 1998). Les sites d'accident se trouvent habituellement où une route traverse un cours d'eau (Grogan et coll. 2001; Körbel 2001; Philcox et coll. 1999). Plusieurs hypothèses tentent d'expliquer pourquoi quelques loutres évitent de nager de part et d'autre des ponceaux ou sous les ponts. Les raisons évoquées incluent l'accroissement de l'écoulement de l'eau, un « effet de tunnel » ou bien le manque de berges naturelles, d'enrochements latéraux ou de tablettes en bois (Figure 5.4; Madsen 1996; Grogan et coll. 2001). Rowohlt (2001) a illustré visuellement ce situation (Figure 5.4).

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 5.4** Illustration d'un patron fréquent de déplacement réalisé par des animaux comme la loutre à des sites où ils pourraient nager à l'intérieur d'un ponceau ou sous le pont. De nombreuses espèces préfèrent franchir la route en se déplaçant sur la chaussée au lieu de nager (Source : Kramer-Rowold et Rowold 2001, modifié)

Les résultats tirés de l'étude menée par Janke et Giere (2011) démontrent que la plupart des accidents surviennent lorsqu'une route passe à moins de 200 m d'un lac. Le nombre élevé de loutres dont la carcasse a été trouvée à proximité à un plan d'eau indique que les mesures d'atténuation ne doivent pas seulement être mises sur les ponts dans un paysage dominé par des lacs comme le comté d'Uckermark. En fait, les passages fauniques (et clôtures) sont également nécessaires aux endroits où une étendue d'eau se trouve à proximité immédiate d'une route. En outre, les accidents dans le comté d'Uckermark peuvent également survenir davantage plus loin des plans d'eau. Étant donné l'abondance de lacs, les loutres se déplacent sur de plus grandes distances en milieu terrestre entre des parcelles attrayantes d'habitats (Janke et Giere 2011).

En Grande-Bretagne, Philcox et coll. (1999) ont étudié les caractéristiques des mortalités routières des loutres eurasiennes : « Le fait que 91 % des accidents (sur un total de 673, comptabilisés entre 1971 et 1996) ont eu lieu lorsque la route passait au-dessus d'un cours d'eau, suggère que des réductions substantielles de la mortalité pourraient être réalisées par une conception améliorée des ouvrages de franchissement des cours d'eau. Nous suggérons que l'approche optimale consiste à maintenir, où il sera possible, une rive naturelle continue au-dessus de la ligne naturelle des hautes eaux, à l'aide de l'un ou l'autre : des ponts de grande portée, de ponceaux surdimensionnés, des enrochements latéraux ou des tablettes en bois artificielles. L'utilisation de clôtures qui empêchent le passage des loutres peut être nécessaire afin de réduire la mortalité routière où les routes passent près de cours d'eau. Il faut toutefois user de prudence pour qu'elles ne créent pas un obstacle à tous les déplacements de celles-ci ou autres animaux sauvages. » Si aucune berge naturelle n'est présente, Janke et Giere (2011) recommandent la mise en place d'enrochements latéraux ou des tablettes en bois de chaque côté du cours d'eau au-dessus de la ligne naturelle des hautes eaux, une mesure d'atténuation afin que les loutres et autres espèces puissent l'utiliser (Fig. 5.5). Lors de notre étude, des photos nous ont permis autant d'apercevoir des loutres de rivière dans les passages pour la petite faune (voir les résultats aux objectifs 2 et 2b) et ceux dits inférieurs utilisés par la grande faune le long de la route 175 (Y. Bédard, photo, communication personnelle).

Photo: Gunnar Hammar



**Figure 5.5** Exemple de tablettes en bois que la faune peut utiliser afin de se déplacer sous un pont. Des clôtures ont été installées le long de la route (Source : G. Hammar)

La mortalité routière peut être vue comme un « prédateur » additionnel pour de nombreuses espèces. Toutefois, elle se comporte de façon différente de la prédation. Pour les proies qui affichent généralement des cycles d'abondance, leurs prédateurs naturels vont subir un déclin en réponse à la réduction de l'abondance de leurs proies, alors que la mortalité routière ne réduira pas son « effort de prédation », et ceci en fonction des populations déjà affectées. À titre d'exemple, lorsque les populations de lièvre d'Amérique diminuent, les lynx font de même éventuellement (Krebs et coll. 2001). Cette situation permet alors au lièvre de se reconstituer. Par contre, dans le cas de la mortalité routière, elle ne cessera pas de continuer et pourra réduire davantage une population ayant de faibles effectifs, et même la pousser potentiellement vers sa disparition. Elle devient un risque particulier pour des espèces qui n'évitent pas la chaussée ni les véhicules, comme les porcs-épics.

Le taux de déplacement (vitesse) qui varie entre les espèces, mais aussi entre les individus, en traversant la route peut favoriser les plus rapides. Par exemple, cette incidence en ce qui regarde la vitesse de déplacement des animaux fait partie du modèle de prévision en matière de mortalité routière mis au point par Hels et Buchwald (2001). Dans leur modèle, la probabilité de survivre à un franchissement routier s'accroît exponentiellement avec la vitesse de déplacement de l'animal. Il est inconnu dans quelle mesure les animaux

pourraient être en mesure d'apprendre sur le danger que représente la route. Les animaux qui sont tués sur la route et ceux qui sont blessés par des véhicules et meurent dans les environs de la route ne peuvent forcément pas apprendre de cette expérience. La mortalité routière n'affecte pas plus souvent, en outre, les individus plus âgés ou faibles que les autres, sauf s'ils tentent toujours de franchir la route et se déplacent très lentement. Donc, elle ne contribue pas à la sélection des meilleurs individus pour la survie. Les mâles sont touchés davantage négativement que les femelles par la présence des routes puisqu'ils parcourent de plus grandes distances.

L'augmentation des effectifs pour les populations d'espèces de petite taille qui bénéficient des routes par exemple par la réduction de la prédation (Rytwinski et Fahrig 2013) n'est pas forcément souhaitable non plus. Ces augmentations conduisent à des modifications qui toucheront la composition des communautés fauniques. Elles peuvent aussi affecter les relations prédateur-proie, mener à des changements dans le réseau trophique ainsi que donner lieu à une surutilisation de certaines ressources (semblable à une réduction ou un arrêt de la régénération forestière en raison de densités élevées de cerfs).

Le nombre total estimé d'individus tués par année sur la route 175 pourrait être pris en considération lors de stratégies de récolte appliquées dans la RFL et dans la détermination du rendement maximal durable (RMD); c.-à-d. qu'une récolte peut être réalisée d'année en année sans que les suivantes soient mises en péril (Fryxell et coll. 2014). La mortalité routière correspond à un effort de prédation constant pour les populations fauniques.

La mortalité routière affecte plus que la taille des populations; elle a des répercussions sur d'autres paramètres démographiques. Il est bien connu des populations chassées ou piégées qu'elles n'affichent pas de façon générale des caractéristiques naturelles des populations (Powell 1994). Le piégeage a des répercussions sur plusieurs d'entre elles, dont la structure d'âge et le rapport des sexes. Par conséquent, la mortalité routière peut également avoir une influence sur celles-ci. Une hausse des mortalités liée aux animaux tués sur la route peut modifier la répartition des classes d'âge vers une population composée de plus jeunes individus (Rytwinski et Fahrig 2012). Cependant, nous n'avons pu déterminer le rapport des sexes en ce qui touche aux animaux trouvés morts sur la chaussée dans ce projet.

Étant donné que le nombre d'individus trouvés morts et non identifiés était relativement élevé (en quatre périodes estivales, 67 mammifères de petite et de moyenne taille ainsi que 102 micromammifères), les dénombrements de ceux identifiés à l'espèce ont sans doute été sous-estimés par rapport aux véritables nombres qui se trouvaient sur la chaussée (Knutson 1987). Une zone d'influence de la route d'une distance plus petite que 2 x 2 km peut convenir notamment aux petits mammifères de moins de 300 g, surtout en vue de

comparer la densité de population. Ces animaux possèdent également des domaines vitaux restreints et ils dispersent sur de très courtes distances (voir l'exemple présenté plus haut à propos des espèces de *Mustela*). Des travaux de recherche supplémentaires sont nécessaires afin de déterminer les zones d'influence des routes pour plus d'espèces et les zones d'effet routier moyen pour plusieurs groupes d'espèces séparément (Torres et coll. 2016).

Malheureusement, sans information sur l'abondance locale de chaque espèce, il n'est pas possible de tirer des conclusions sur les effets de la mortalité routière et de l'efficacité des mesures d'atténuation *sur les populations* (van der Grift et al. 2013). L'étude des effets à l'échelle des populations ne faisait pas partie des objectifs de la présente étude. Par exemple, la présente étude ne peut pas démontrer si les populations locales de porcs-épics et de renards roux sont affectées ou non par la route. Également, il n'est donc pas connu si les nombres de porcs-épics ou de renards roux tués sur la route sont soutenables pour les populations présentes et s'ils sont cohérents avec les missions que se sont données la RFL, le PNJC et la FM.

Il est possible que la zone d'influence de la route (ZER) agisse comme un puits (« population sink ») pour plusieurs populations fauniques, c.-à-d. que la mortalité totale s'avère supérieure à la reproduction (Forman 2000, Forman et Deblinger 2000, Benítez-López et coll. 2010). Les sous-adultes en quête d'espace pour établir un domaine vital pour eux-mêmes sont tentés de s'établir à un endroit comme celui-là, car beaucoup d'espaces inoccupés sont disponibles. En raison d'une mortalité routière élevée, ces endroits redeviennent à nouveau vacants peu de temps après. Il serait aussi possible qu'une ZER plus large et prononcée risque d'être créée (Benítez-López et coll. 2010) avec l'élargissement de l'axe routier. À vrai dire, il s'agit d'une superficie de plusieurs kilomètres le long de la route 175 où les densités des populations fauniques changent. Une démarche possible pour réduire ce puits de population serait de clôturer les zones de concentration de mortalité (Recommandation 6.5 Option B).

Le porc-épic s'avère être une espèce particulièrement vulnérable à la mortalité routière. Elle se caractérise par un taux de reproduction exceptionnellement bas, une masse corporelle élevée de même que des distances moyennes de déplacement. Les porcs-épics n'ont également pas tendance à éviter la chaussée, les voitures et le bruit. De plus, ils se déplacent lentement. Leur comportement face aux routes est essentiellement le plus néfaste à avoir.

Nous nous inquiétons également des renards roux. Le nombre estimé de renards tués par année sur la route 175 entre les km 64 et 223 totalise 160 [intervalle : de 82 à 300]. On pourrait penser que l'élargissement de la route et de ses abords augmente la population des renards, qui se nourrissent de charogne, et que le nombre de renards frappés pourrait correspondre à cette

augmentation. Mais les études menées sur ce sujet montrent le contraire : la présence des routes fait baisser la population de renards dans les zones observées (fort effet négatif avec un ESr de -0,317; Tableau 5.2, Rytwinski 2012; voir aussi tableau B.1 dans l'annexe B). Cette espèce se caractérise par un taux de reproduction qui atteint 4,5. Les renards se déplacent plus lentement que de nombreuses autres espèces (p. ex., les martres) lorsqu'ils se trouvent sur une chaussée ou en milieu ouvert de façon générale.

L'augmentation des densités de population pour les espèces de petits mammifères qui bénéficient de la présence d'une route (Figure 5.2), p. ex. grâce à une réduction de prédateurs (Rytwinski et Fahrig 2013), ne s'avère pas souhaitable non plus. Ces augmentations mènent à des changements dans la composition des communautés fauniques et des relations prédateur-proie (p. ex. des effets en cascade, Finke et Denno 2004, Knight et coll. 2005). Cette situation peut mener à la surexploitation de leurs ressources ainsi que des changements importants dans la chaîne alimentaire. Un exemple bien connu touche la réduction ou l'absence de régénération forestière, conséquence d'une augmentation de la densité de cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) associée à la réduction de la prédation à cause des axes routiers (ESr de +0,339, valeur présentée au tableau 5.2).

La réintroduction de prédateurs est discutée dans un récent article signé par Gilbert et coll. (2016). Ces écologistes ont plaidé pour le retour des grands carnivores afin de réduire les collisions entre la faune et les véhicules, en particulier pour les herbivores comme le cerf de Virginie. Gilbert et coll. (2016) prévoient une réduction substantielle des collisions entre les cervidés et les véhicules dans l'est des États-Unis à la suite de la recolonisation de cette région par le cougar. Ils soutiennent que les autres tentatives pour contrôler les populations surabondantes de cervidés dans l'est des États-Unis ont en grande partie échoué. De plus, les collisions entre les cervidés et les véhicules continuent à progresser rapidement ainsi qu'à nuire à la biodiversité des forêts, à l'agriculture, à la foresterie de même qu'à la santé humaine. Selon leurs prévisions fondées sur des modèles démographiques de cervidés combinés à des évaluations socio-économiques, les populations de cougars permettraient de réduire de 22 % les densités de ces herbivores ainsi que des collisions entre eux et les véhicules dans l'est des États-Unis. Ils préviendraient ainsi 21 400 blessures causées aux humains, 155 victimes de collision mortelle ainsi que 1,2 milliard de dollars en coûts évités dans les 30 ans d'implantation. Leurs données révèlent que les cougars récemment établis dans le Dakota du Sud permettent déjà d'économiser par année environ 1,1 million de dollars en coûts liés aux collisions. Ces économies pourraient compenser les coûts pour la société associés à la coexistence entre les humains et les cougars (Gilbert et coll. 2016).

### 5.1.6 De quelle longueur doivent être les clôtures?

Les clôtures actuelles ne semblent pas vraiment réduire la mortalité routière. Il est possible qu'elle soit plus élevée en l'absence de clôtures car ces dernières ont été mises en place aux endroits où les mouvements de la faune étaient plus fréquents qu'à d'autres endroits le long de la route 175. Par conséquent, l'ensemble des clôtures actuelles doit rester en place et être bien entretenues. Toutefois, elles doivent être beaucoup plus longues afin de réduire le taux de mortalité routière en-dessous des valeurs moyennes de la mortalité aux abords de la route 175.

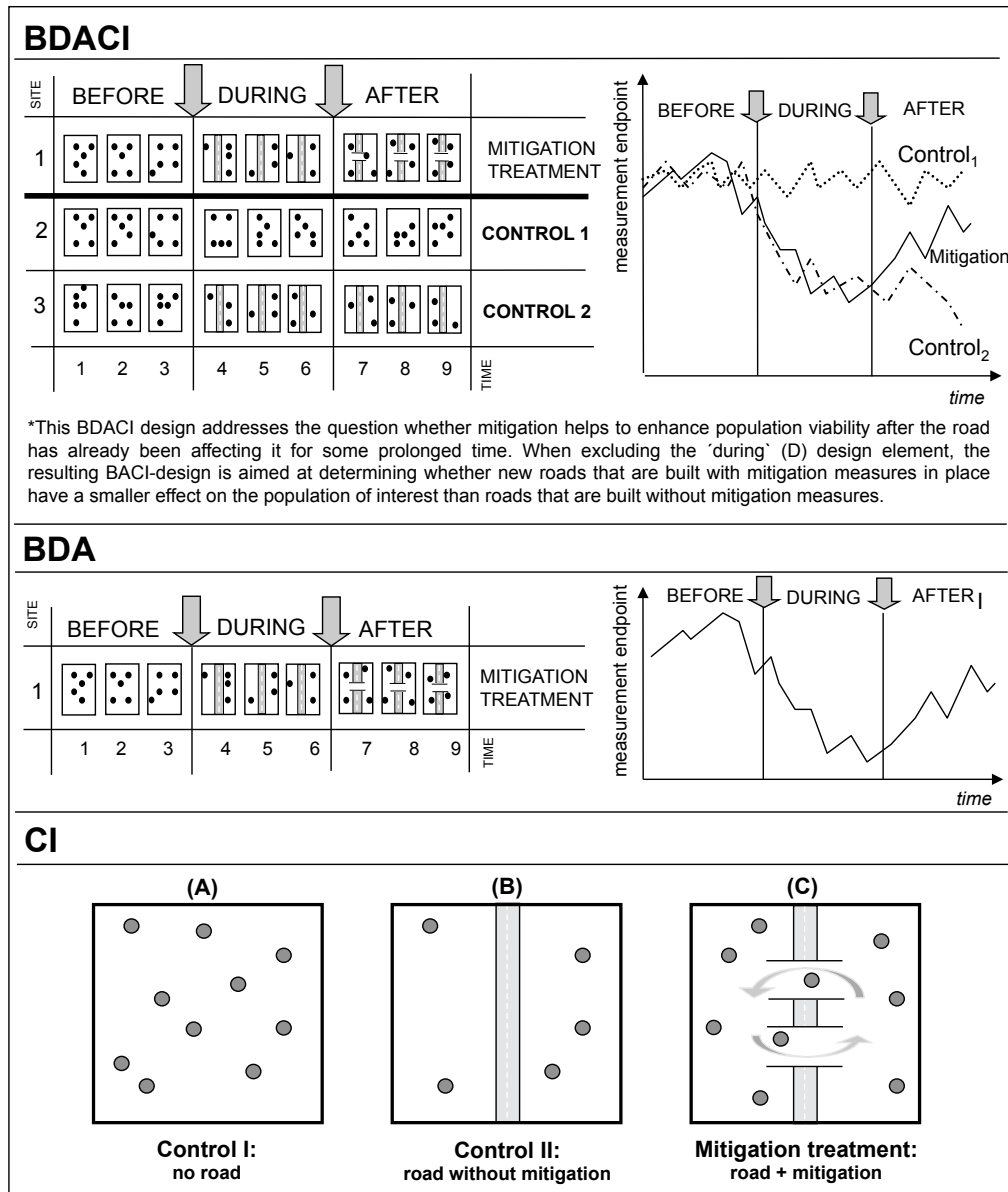
Afin de répondre à la question qui porte sur la longueur des clôtures à mettre en place le long de la route 175, plusieurs aspects doivent être pris en considération :

- (1) De combien la mortalité routière doit-elle être réduite (c.-à-d. en matière d'objectif de gestion);
- (2) De quelle manière la mortalité routière est-elle affectée à l'intérieur des segments clôturés et à leurs extrémités
  - (a) par la longueur des clôtures;
  - (b) à la suite des améliorations apportées au type de clôture (hauteur, dimensions des mailles, conception du bas et du haut de la clôture);
  - (c) et par la conception des extrémités de clôture.

Afin de répondre à la question (2a), il faut réaliser une étude comparative de passages fauniques qui seraient pourvus de clôtures de différentes longueurs. Or ceci dépassait la portée de la présente étude. Toutefois, étant donné que cette question revêt un grand intérêt pour le MTMDET, nous présentons ici quelques estimations en fonction de nos résultats sur la mortalité routière. Toutefois, elle ne faisait pas partie de la série initiale de questions de recherche abordée en début de projet. Ces estimations demeurent plutôt empiriques parce que la longueur des clôtures reste la même pour tous les passages. Nous ne disposons pas de toutes les données qui nous indiquent alors de quelle manière la mortalité routière évolue à l'intérieur des segments clôturés et à leurs extrémités en fonction de cette longueur. Cependant, les clôtures peuvent être rallongées et les travaux de recherche peuvent se poursuivre au cours des prochaines années. Les informations recueillies pendant la période de 2012 à 2016 pourraient servir comme base de données de grande valeur, dans le cadre d'un modèle d'étude expérimentale BACI « avant-après et contrôle-impact » qui se caractérise notamment par sa force inférentielle élevée (Roedenbeck et coll. 2007). En l'occurrence, « Before = avant et After = après » se rapporte au changement de longueur de la clôture (à la figure 5.6, ils se réfèrent autant à la construction de la route qu'à l'aménagement des mesures d'atténuation).



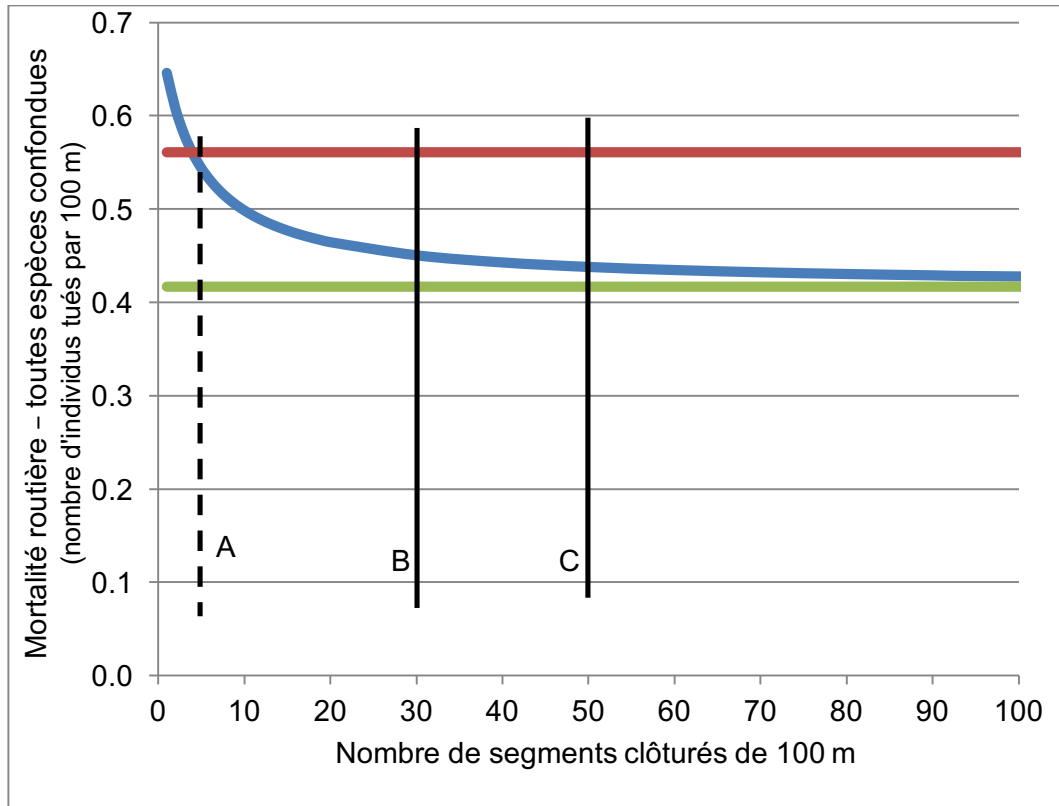
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



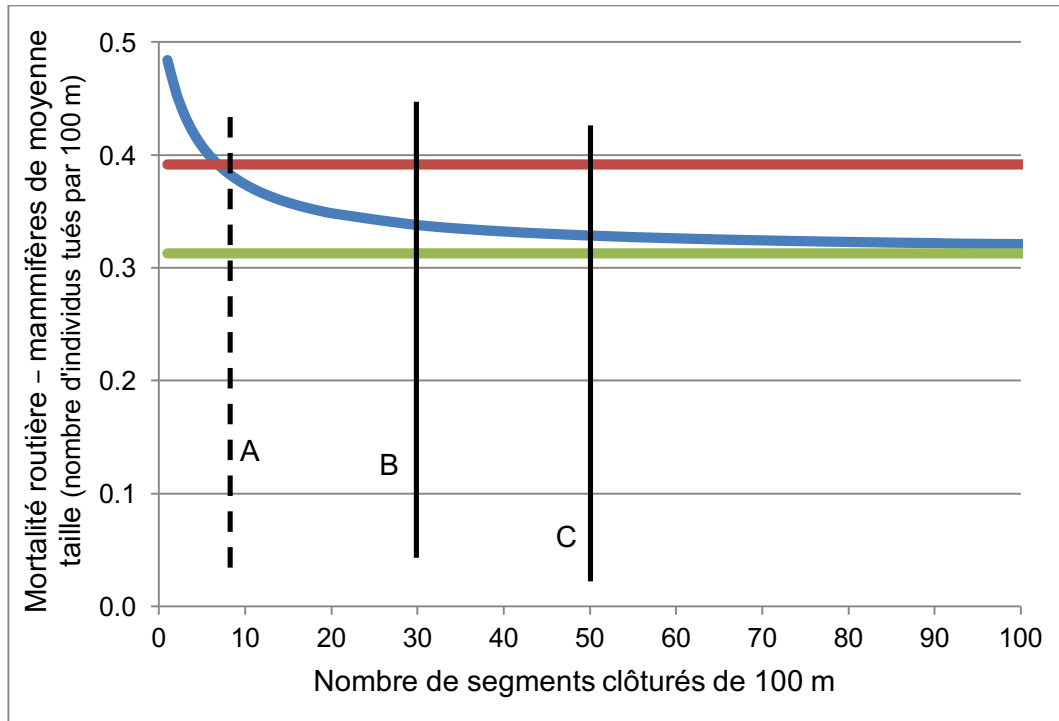
**Figure 5.6** Trois modèles d'études de base conçues pour répondre à la question : « Quelle est l'efficacité des mesures d'atténuation associées aux routes? » Les modèles d'étude sont les suivants : **Before(-during)-after-control-impact (BDACI)**, **Before(-during)-after (BDA)** et **Control-impact (CI)**. Les points et les flèches représentent les animaux qui se déplacent respectivement dans un paysage de même que de part et d'autre un passage supérieur. (Source : Roedenbeck et coll. 2007)

La longueur requise des clôtures dépend des objectifs de gestion. Un objectif louable serait que la mortalité routière associée aux segments clôturés soit réduite à un niveau nettement inférieur à la moyenne obtenue pour les segments non clôturés pour la majorité des espèces. Les résultats du tableau 5.4 révèlent que le nombre de mortalités observés près des segments clôturés ainsi qu'à celui obtenu près de ses deux extrémités demeure supérieur à la valeur moyenne aux segments non clôturés pour la plupart des espèces. La mortalité routière est moins fréquente uniquement pour les petits mammifères (< 1 kg). Ces résultats indiquent que les tronçons de route dotés de mesures d'atténuation sont vraisemblablement des zones susceptibles aux déplacements fréquents de la faune, ce qui indique qu'ils ont été mis en place à des endroits appropriés le long de la route. Toutefois, leur efficacité doit être améliorée.

La mortalité routière par segment de 100 m devrait décliner lorsque les clôtures sont plus longues comme l'illustrent les figures 5.7 à 5.11 selon les données recueillies dans notre étude. Les valeurs les plus à gauche (courbes bleues) indiquent les niveaux actuels de mortalité routière (voir tableau 5.4), c.-à-d. l'équivalent d'un segment de 100 m complètement clôturé et qui inclut les deux extrémités. La mortalité routière décroît rapidement au début, puis plus lentement chaque fois que la clôture s'allonge. Elle s'approche du niveau en tant qu'asymptote qui correspond au segment clôturé. Deux paliers de réduction significative de la mortalité routière sont représentés par les lignes verticales noires, B et C.

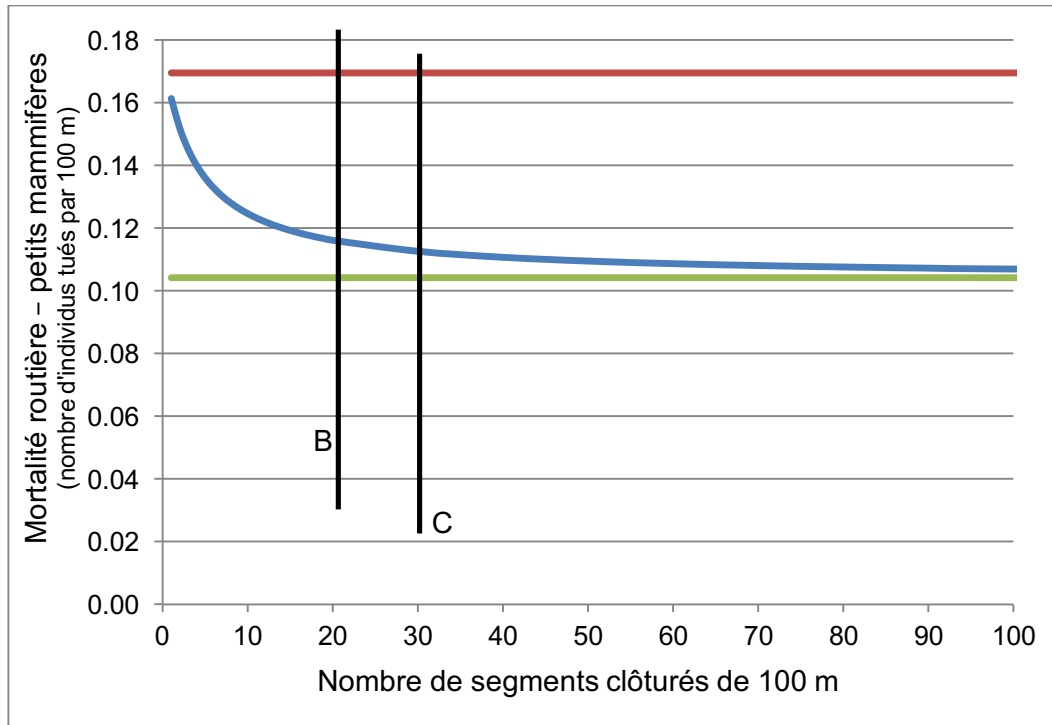


**Figure 5.7** Estimation du nombre moyen d'animaux tués, toutes espèces confondues, par segment de route de 100 m au cours des 4 périodes estivales à l'intérieur d'un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (courbe bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.). Les valeurs sur l'axe des x sont exprimées en nombre de segments adjacents de 100 m (p. ex. 10 segments = clôture de 1000 m, 100 segments = clôture de 10 km), en utilisant la valeur de la section clôturée pour toutes les sections. À des fins de comparaison, les dénombrements d'animaux tués à l'intérieur des segments clôturés (ligne verte) de même que ceux non clôturés (ligne rouge) sont également présentés, par 100 m de route. La mortalité routière en zone protégée incluant les deux extrémités atteint le même niveau qu'en zone non protégée à partir de 500 m de clôture (ligne verticale A). Elle se rapproche significativement de la mortalité à l'intérieur des clôtures à partir de 3 km de clôture (ligne verticale B). Elle continue à baisser de façon intéressante jusqu'à une longueur totale de 5 km (ligne verticale C). Afin de parvenir à une réduction significative de la mortalité routière semblable à celle à l'intérieur des segments clôturés, la longueur requise de clôture serait donc de  $2 \times 1,5 \text{ km} = 3 \text{ km}$  (ligne verticale B), ou  $2 \times 2,5 \text{ km} = 5 \text{ km}$  (ligne verticale C).

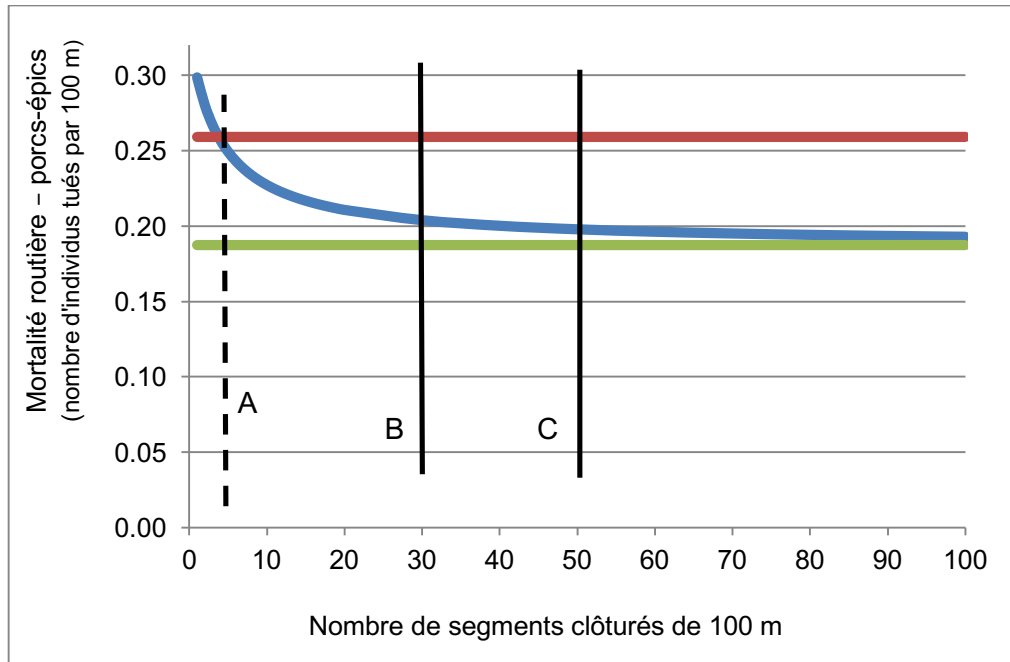


**Figure 5.8** Estimation du nombre moyen d'animaux tués pour les mammifères de moyenne taille (> 1 kg), par segment de route de 100 m au cours des 4 périodes estivales, à l'intérieur d'un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (courbe bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.). Les valeurs retrouvées sur l'axe des x sont exprimées en nombre de segments adjacents de 100 m (p. ex. 10 segments = clôture de 1000 m, 100 segments = clôture de 10 km). À des fins de comparaison, les dénombrements d'animaux tués à l'intérieur des segments clôturés (ligne verte) de même que ceux non clôturés (ligne rouge) sont également présentés, par 100 m de route. La mortalité routière en zone protégée incluant les deux extrémités atteint le même niveau qu'en zone non protégée à partir de 800 m de clôture (ligne verticale A). Elle se rapproche significativement de la mortalité à l'intérieur des clôtures à partir de 3 km de clôture (ligne verticale B). Elle continue à baisser de façon intéressante jusqu'à une longueur totale de 5 km (ligne verticale C). Afin de parvenir à une réduction significative de la mortalité routière semblable à celle à l'intérieur des segments clôturés, la longueur requise de clôture serait donc de  $2 \times 1,5 \text{ km} = 3 \text{ km}$  (ligne verticale B), ou  $2 \times 2,5 \text{ km} = 5 \text{ km}$  (ligne verticale C).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

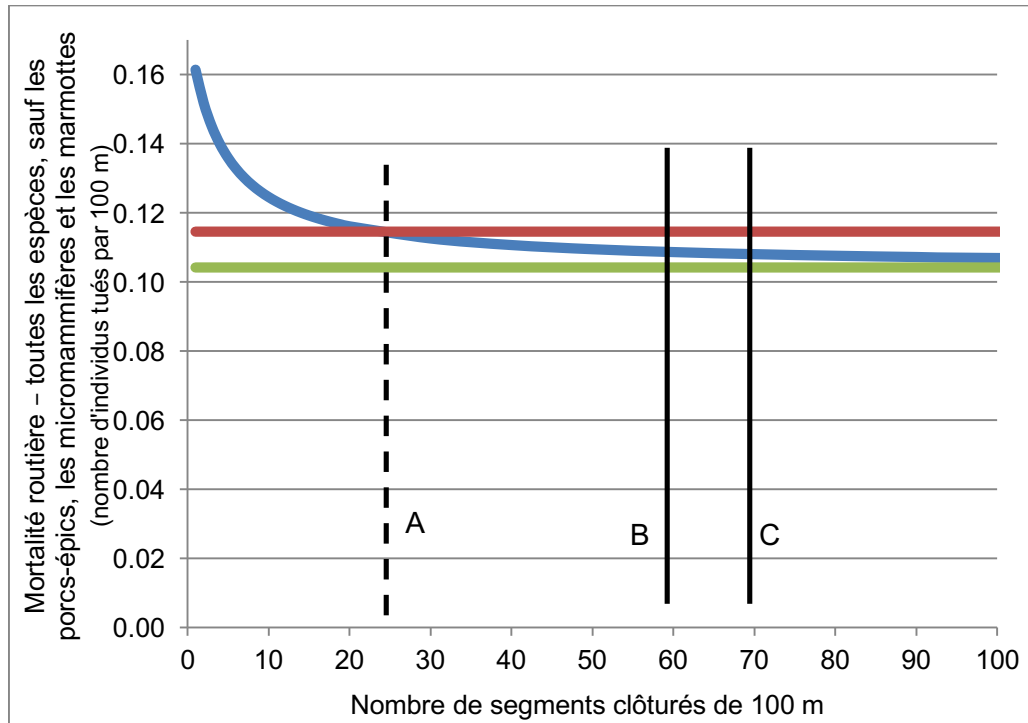


**Figure 5.9** Estimation du nombre moyen d'animaux tués pour les petits mammifères (< 1 kg) par segment de route de 100 m au cours de 4 périodes estivales à l'intérieur d'un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (courbe bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.). Les valeurs retrouvées sur l'axe des x sont exprimées en nombre de segments adjacents de 100 m (p. ex. 10 segments = clôture de 1000 m, 100 segments = clôture de 10 km). À des fins de comparaison, les dénombrements d'animaux tués à l'intérieur des segments clôturés (ligne verte) de même que ceux non clôturés (ligne rouge) sont également présentés, par 100 m de route. La mortalité routière en zone protégée incluant les deux extrémités se rapproche significativement de la mortalité à l'intérieur des clôtures à partir de 2 km de clôture (ligne verticale B). Elle continue à baisser de façon intéressante jusqu'à une longueur totale de 3 km (ligne verticale C). Afin de parvenir à une réduction significative de la mortalité routière semblable à celle à l'intérieur des segments clôturés, la longueur requise de clôture serait donc de  $2 \times 1,0 \text{ km} = 2 \text{ km}$  (ligne verticale B), ou  $2 \times 1,5 \text{ km} = 3 \text{ km}$  (ligne verticale C).



**Figure 5.10** Estimation du nombre moyen de porcs-épics tués par segment de route de 100 m au cours des 4 périodes estivales, à l'intérieur d'un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (courbe bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.). Les valeurs retrouvées sur l'axe des x sont exprimées en nombre de segments adjacents de 100 m (p. ex. 10 segments = clôture de 1000 m, 100 segments = clôture de 10 km). À des fins de comparaison, les dénombrements d'animaux tués à l'intérieur des segments clôturés (ligne verte) de même que ceux non clôturés (ligne rouge) sont également présentés, par 100 m de route. La mortalité routière en zone protégée incluant les deux extrémités atteint le même niveau qu'en zone non protégée à partir de 500 m de clôture (ligne verticale A). Elle se rapproche significativement de la mortalité à l'intérieur des clôtures à partir de 3 km de clôture (ligne verticale B). Elle continue à baisser de façon intéressante jusqu'à une longueur totale de 5 km (ligne verticale C). Afin de parvenir à une réduction significative de la mortalité routière semblable à celle à l'intérieur des segments clôturés, la longueur requise de clôture serait donc de  $2 \times 1,5 \text{ km} = 3 \text{ km}$  (ligne verticale B), ou  $2 \times 2,5 \text{ km} = 5 \text{ km}$  (ligne verticale C).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 5.11 Estimation du nombre moyen d’animaux tués, toutes espèces confondues sauf les porcs-épics, les micromammifères de même que les marmottes par segment de route de 100 m au cours des 4 périodes estivales à l’intérieur d’un segment clôturé incluant les deux extrémités en tant que longueur de clôture (courbe bleue) (sans ajustement pour la probabilité de détection, etc.).** Les valeurs retrouvées sur l’axe des x sont exprimées en nombre de segments adjacents de 100 m (p. ex. 10 segments = clôture de 1000 m, 100 segments = clôture de 10 km). À des fins de comparaison, les dénombrements d’animaux tués à l’intérieur des segments clôturés (ligne verte) de même que ceux non clôturés (ligne rouge) sont également présentés, par 100 m de route. La mortalité routière en zone protégée incluant les deux extrémités atteint le même niveau qu’en zone non protégée à partir de 2400 m de clôture (ligne verticale A). Elle se rapproche significativement de la mortalité à l’intérieur des clôtures à partir de 6 km de clôture (ligne verticale B). Elle continue à baisser de façon intéressante jusqu’à une longueur totale de 7 km (ligne verticale C). Afin de parvenir à une réduction significative de la mortalité routière semblable à celle à l’intérieur des segments clôturés, la longueur requise de clôture serait donc de 2 x 3,0 km = 6 km (ligne verticale B), ou 2 x 3,5 km = 7 km (ligne verticale C).

Nous avons réalisé ces prédictions de mortalité routière par l’emploi de la valeur moyenne par 100 m de route dans un, ou plusieurs, segment(s) clôturé(s) et les deux segments aux extrémités (200 m de long pour chaque) tel que présenté au tableau 5.4, et par l’augmentation du nombre de segments

clôturés de 1 à 100 (en utilisant les résultats de la section clôturée pour toutes les sections hypothétiquement clôturées).

Les résultats révèlent que la longueur requise de clôture varie entre  $2 \times 1,5 \text{ km} = 3 \text{ km}$  (ligne verticale B) à  $2 \times 2,5 \text{ km} = 5 \text{ km}$  (ligne verticale C) pour les mammifères de moyenne taille ( $> 1 \text{ kg}$ ) ainsi que les porcs-épics uniquement. Quant aux petits mammifères ( $< 1 \text{ kg}$ ), la valeur minimale fluctue entre  $2 \times 1,0 \text{ km} = 2 \text{ km}$  (ligne verticale B) à  $2 \times 1,5 \text{ km} = 3 \text{ km}$  (ligne verticale C) (Figure 5.9). La longueur requise de clôture varie entre  $2 \times 3,0 \text{ km} = 6 \text{ km}$  (ligne verticale B) à  $2 \times 3,5 \text{ km} = 7 \text{ km}$  (ligne verticale C) pour les mammifères autres que les porcs-épics, les micromammifères et les marmottes (Figure 5.11).

Les divergences entre les espèces pourraient être liées au fait que les individus appartenant à des espèces différentes suivraient la clôture sur diverses distances avant qu'ils ne changent d'avis puis s'éloignent de la route. Toutefois, il n'y a pas d'étude qui porte sur la distance que les animaux se déplacent le long d'une clôture avant qu'ils ne retournent en forêt, l'escaladent ou creusent sous celle-ci. McCollister et van Manen (2010) ont rapporté que les mortalités survenues sur une route à 4 voies en Caroline du Nord étaient moins fréquentes près des passages fauniques aménagés à l'intérieur de segments clôturés mais elles augmentaient avec la distance au passage. Alors que cette dernière augmente, les auteurs soutiennent que les animaux semblent moins enclins à atteindre le passage et qu'ils sont plutôt tentent d'escalader la clôture ou de ramper sous elle. Cet effet semble plus prononcé chez des animaux qui ont dans des domaines vitaux restreints, ce qui montre que les passages peuvent avoir une distance utile plus courte pour ces espèces (p. ex., les opossums, les rats laveurs). Dans le cadre de l'étude de McCollister et van Manen (2010), les clôtures mesuraient 6375 m de long. Elles sont constituées d'un grillage à simple torsion, une hauteur de 3,0 m avec un maillage de 5 cm.

Le fait que les mortalités routières sont beaucoup plus fréquentes pour les mammifères (sauf les porcs-épics, les micromammifères ainsi que les marmottes) près des segments clôturés ainsi qu'aux deux extrémités par rapport aux segments non clôturés (Figure 5.11) indique que les sites où se trouvent les passages fauniques (et des clôtures actuelles) sont soit des corridors de déplacement privilégiés ou encore lié à des lieux de plus forte densité que les autres segments non clôturés. Il s'ensuit que les passages fauniques aménagés de même que les clôtures installées se trouvent en effet sur des sites de choix en tant que mesures d'atténuation le long de la route 175. À la figure 5.11, les niveaux de mortalité routière sont légèrement inférieurs près d'un segment clôturé que la valeur moyenne obtenue pour les segments de route non clôturés. Ce fait indique que ces mammifères peuvent escalader la clôture, creuser sous elle ou autrement passer à travers son



maillage, et cela davantage que les porcs-épics et les marmottes étant donné que ces espèces ne sont pas incluses dans ce groupe.

Ces estimations que nous avons présentées ici sont basées sur le type de clôture effectivement installé le long de la route 175. Cependant, il peut être possible de les améliorer et par conséquent, il vaut la peine de s'attarder aux améliorations possibles. Nous recommandons de réaliser une étude de suivi afin d'explorer les possibilités en matière d'amélioration et de répondre aux questions (2a) et (2b) mentionnées ci-dessus (voir à la section 6).

Selon l'espèce prise en compte, comme indiqué aux figures 5.7 à 5.11, les valeurs qui varient entre 2 et 7 km sont minimales. Toutefois, les clôtures doivent être beaucoup plus longues afin de réduire de façon significative la mortalité routière pour les populations de renards et de porcs-épics, comme il est recommandé à la section 5.1.5. Théoriquement, elles doivent s'étendre à la totalité de la route.

#### **5.1.7 Comparaison des détections entre les relevés effectués en matinée et soirée**

Les dénombrements d'animaux trouvés morts sur la chaussée lors des relevés effectués en matinée et en soirée différaient à plusieurs égards pour diverses espèces (Figures 4.11 et 4.12, Tableaux 4.6). Ce résultat confirme que l'approche méthodologique choisie, c'est-à-dire la réalisation des relevés de mortalité à deux périodes distinctes de la journée (matins et soirs) s'est avérée juste pour pouvoir procéder aux comparaisons. La différence observée dans les nombres d'animaux trouvés morts sur la chaussée lors de périodes distinctes peut également être attribuable à la période d'activité propre aux animaux. Par exemple, les marmottes, espèce diurne, étaient observées davantage lors des relevés effectués en soirée (Tableau 4.6). Par contre, les mortalités de renard roux qui est plutôt nocturne étaient également plus élevées lorsque les relevés étaient réalisés le soir que le matin. Le nombre d'animaux tués sur les routes peut aussi être imputable aux fluctuations du trafic routier de jour comme de nuit ainsi qu'aux durées de persistance des carcasses qui gisent sur la chaussée. Nous ne pouvions mettre à l'épreuve cette relation qui touche ce dernier, car nous ne disposons pas de données sur le débit de circulation. Cependant, nous l'avons fait en ce qui regarde la masse corporelle et le nombre de mortalités détectées (Figures 4.12). Les animaux de petite taille étaient presque uniquement observés lors des relevés effectués en matinée, alors que pour ceux de grande taille, leur proportion diminuait de façon significative à cette période de la journée. Pour certaines espèces (p. ex., marmotte commune, renard roux et porc-épic d'Amérique), les mortalités étaient plus fréquentes lorsque les relevés se réalisaient le soir. Les carcasses des animaux de petite taille disparaissent plus rapidement en raison de l'activité de jour des charognards, ce qui contribue à leur très faible taux de détection

lors des relevés effectués en soirée. Par contre, celles des mammifères de taille moyenne vont généralement persister plus de 24 heures sur la chaussée. Ces mêmes carcasses peuvent être observées autant le matin que le soir, peu importe quand l'animal a été tué par un véhicule routier. Le fait que nous ayons quand même trouvé 3 espèces de taille moyenne plus fréquemment durant les relevés de soir semble indiquer que : (1) des individus essaient de traverser la route, mais ils se font davantage tuer le jour que la nuit, et (2) les carcasses de taille moyenne ne persistent pas pendant 24 heures sur la chaussée. L'omission des relevés de première soirée et de première matinée pour les analyses comparatives des résultats de la matinée à ceux de la soirée ne change en rien l'interprétation qualitative de la comparaison.

Ces résultats nous indiquent que des relevés de mortalité effectués uniquement à un certain moment de la journée peuvent parfois donner lieu à un biais systématique, c.-à-d. ici, à une sous-estimation des effectifs d'animaux tués sur les routes. Par exemple, s'ils sont réalisés seulement en soirée, les petits mammifères trouvés morts sur les routes seront sous-estimés de façon significative. Cependant, s'ils sont effectués uniquement en matinée, alors les dénombrements de plusieurs espèces de moyenne taille peuvent être également sous-estimés (tels que renard roux, marmotte commune ainsi que porc-épic). Par conséquent, ces constatations ont confirmé que nous avons pris une bonne décision de réaliser davantage de relevés le matin que le soir. L'inclusion de ceux en soirée, et non seulement les relevés en matinée s'est avérée très utile afin de pouvoir comparer et conclure que nos données ne sont pas biaisées.

#### **5.1.8 Efficacité des mesures d'atténuation relatives aux routes alors que la mortalité causée par la circulation routière diminue : Résultats d'une nouvelle méta-analyse (Rytwinski et coll. 2016)**

La diversité de ces mesures d'atténuation conçues afin de réduire la mortalité routière comprend plus de 40 types (Hedlund et coll. 2004, Knapp et coll. 2004, Huijser et coll. 2007, Glista et coll. 2009, van der Ree et coll. 2015). Certaines d'entre elles tentent d'influencer le comportement des conducteurs, tandis que d'autres agiront plutôt sur celui des animaux. Le premier groupe inclut toutes sortes de panneaux qui signalent la présence d'espèces sauvages, de systèmes de détection animaliers, de mesures afin de réduire le débit ou bien la vitesse de circulation ainsi que les fermetures temporaires d'axes routiers. Les mesures d'atténuation modifient le comportement animal à plusieurs égards. Elles comprennent celles qui font fuir la faune ou l'avertissent à l'approche d'une circulation routière. Il y a celles qui augmentent l'attractivité des sites au loin ou bien qui diminuent l'attrait de la route ou qui introduisent une barrière physique le long de l'axe routier tel que des clôtures avec ou sans possibilité de franchissement en toute sécurité. Diverses mesures visent à permettre le

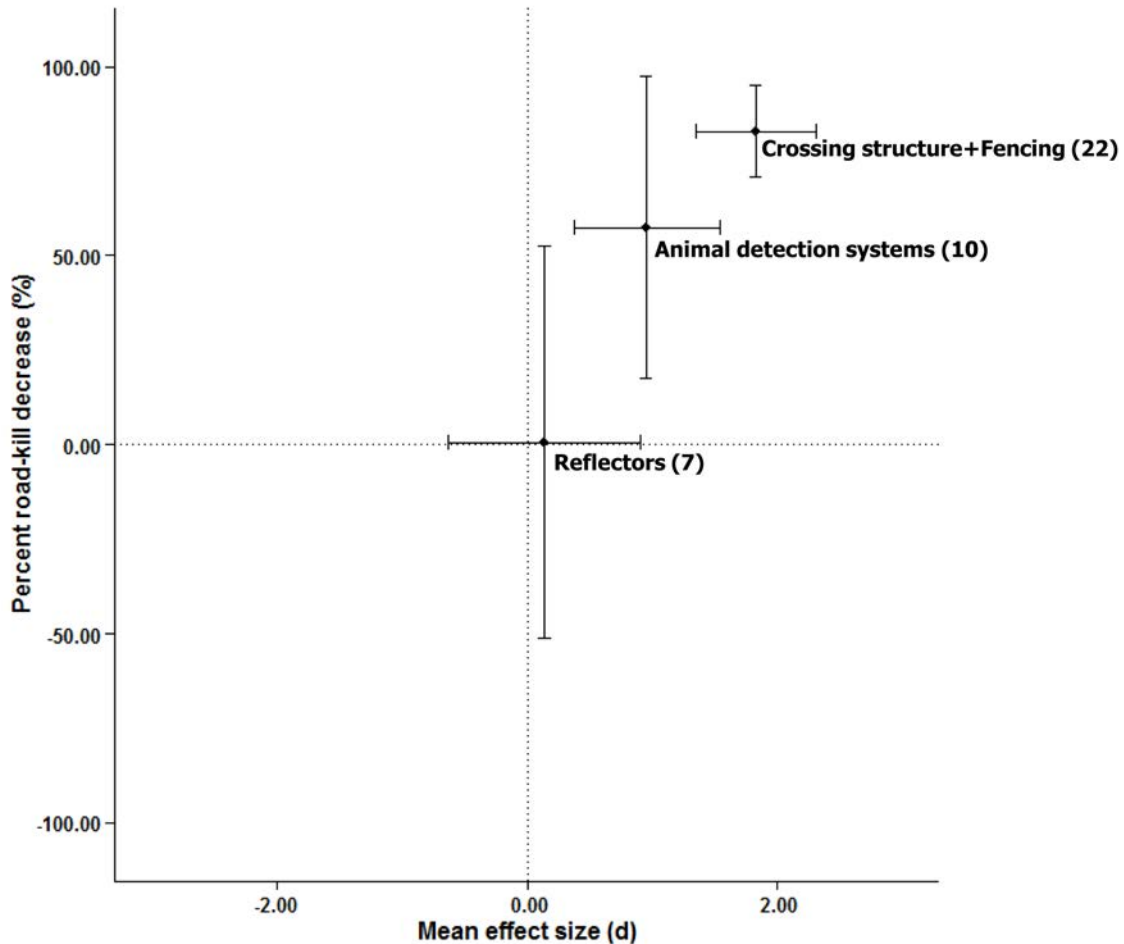
déplacement des espèces sauvages en travers des routes, y compris les panneaux qui signalent leur présence, les passages pour animaux (crosswalks), les systèmes de détection animaliers de même que les ouvrages routiers fauniques (supérieurs et inférieurs). Parmi ces mesures, quelques-unes peuvent être intégrées à des clôtures. Elles permettent alors aux animaux de s'échapper par des rampes de fuites pour espèces sauvages ou bien par des sautoirs. Certaines des clôtures ont été conçues afin de tenir compte de leur capacité à grimper ou à creuser. À titre d'exemple, elles peuvent être modifiées avec des rabats supérieurs (un maillage recourbé vers le bas ou bien un bord en porte-à-faux). Ou encore, elles peuvent être érigées avec une surface verticale lisse afin de prévenir les animaux de grimper par-dessus celles-ci. De même, la base de la clôture peut être enfouie ou elle comporte un tablier pour les dissuader de creuser.

Le choix d'une méthode d'atténuation donnée s'est avéré difficile pour les concepteurs de routes. Ceci, en raison (1) des coûts qui peuvent se révéler extrêmement variables, et (2) peu d'informations quantitatives fiables portent sur l'efficacité relative de ces mesures à réduire la mortalité causée par la circulation routière. Les agences de transport choisissent souvent la solution la moins coûteuse sans connaître l'efficacité de celle-ci pour que la mortalité routière soit diminuée. Par exemple, les panneaux qui signalent la présence d'espèces sauvages ont été des mesures d'atténuation très répandues depuis plusieurs décennies dans de nombreux pays, elles étaient mises en œuvre afin de réduire les collisions entre animaux de grande taille et véhicules. Malgré cela, plusieurs organismes de transport ainsi que d'autres qui protègent les ressources naturelles ont déclaré qu'ils ignoraient si cette mesure s'avérait efficace (Sullivan et Messmer 2003). En ce qui concerne d'autres méthodes à bon marché, l'efficacité ne semble guère établie non plus pour les systèmes de réflecteurs qui avertissent les animaux sauvages, les sifflets à chevreuils ou bien les répulsifs chimiques (D'Angelo et van der Ree 2015). Les études qui portent sur l'efficacité des mesures d'atténuation s'avèrent mal conçues, une raison pour laquelle l'information disponible demeure non fiable. En fait, elles manquent souvent de : (1) comparaisons entre les sites qui subissent une intervention ou qui génèrent un impact (les méthodes utilisées alors aménagées ou modifiées) et d'autres, considérés comme contrôles (sans mesure mise en place, ou modification effectuée sur celle-ci); (2) données recueillies avant que l'atténuation soit appliquée; (3) répliques selon les notions espace et temps; de même que (4) randomisation au sein du bassin potentiel des sites d'étude, autant ceux sous intervention que les contrôles (Roedenbeck et coll. 2007, Rytwinski et coll. 2015). Des études déjà réalisées sur l'efficacité des mesures d'atténuation s'intéressaient à des cas individuels, notamment les peuplements d'espèces sauvages dans des endroits particuliers. En conséquence, ces travaux de recherche disponibles se caractérisent souvent par une force

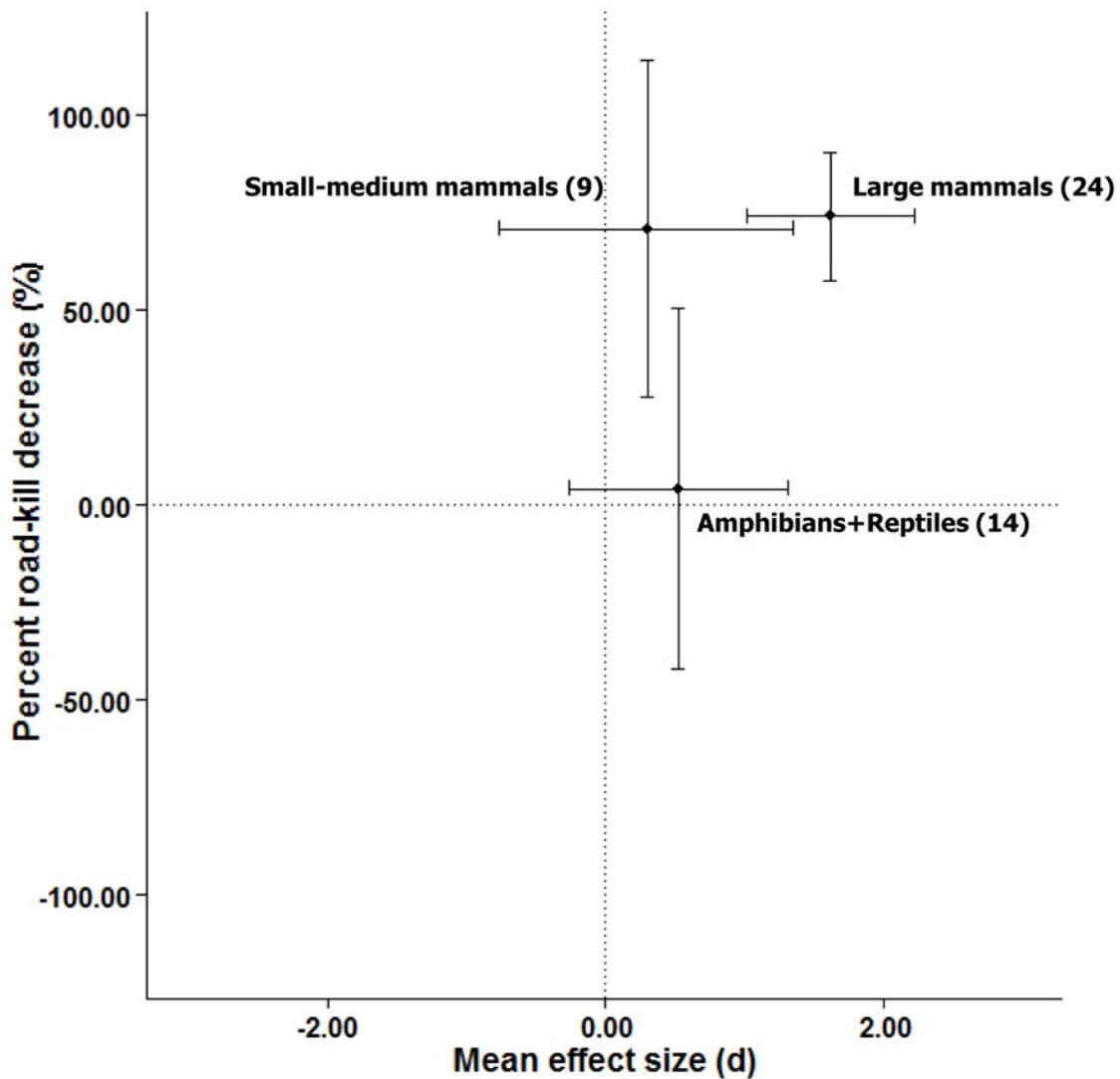
inférentielle peu élevée et un pouvoir prédictif faible en ce qui concerne les méthodes mises en œuvre sur d'autres emplacements. À ce jour, des revues de littérature qui portaient sur l'efficacité des mesures d'atténuation ont résumé de nombreux cas individuels. Toutefois, elles ne les réunissaient pas afin de tirer des conclusions justifiables à l'aide de statistiques qui concernent les types d'atténuation retenus ou les taxons étudiés. Afin de remédier à ce manque de revues systématiques, Rytwinski et coll. (2016) ont réalisé une méta-analyse avec les données de 50 études qui fournissent de l'information quantitative à propos de la relation entre la mortalité routière et quelques mesures d'atténuation. Parmi ces dernières, toutes celles qui visaient à réduire cette mortalité étaient prises en compte lors de l'analyse. Elles comprenaient : systèmes de détection animaliers, panneaux relatifs à la présence d'espèces sauvages, changements apportés dans l'entretien des accotements routiers, mesures afin de réduire le débit ou bien la vitesse de circulation, fermetures temporaires d'axes routiers ainsi que passages pour animaux (p. ex. écoducs inférieurs ou supérieurs, tunnels pour amphibiens et pour blaireaux, tablettes installées dans des ponceaux, ponts de terre et de corde, poteaux pour animaux planeurs), clôtures à faune, réflecteurs comme miroirs qui informent les animaux de la présence d'un véhicule la nuit, répulsifs chimiques, toute mesure de réduction des peuplements (p. ex., abattage d'animaux), sifflets pour éloigner la faune des routes de même que toute conception modifiée de routes/viaducs/ponts/éclairage. Un total de 1274 documents était consulté, notamment des articles évalués par des pairs et de la littérature grise (p. ex., rapports gouvernementaux, travaux de congrès, chapitres de livres) publiés entre 1981 et 2015. De plus, 140 études avaient cumulé assez de données qui pouvaient être prises en considération; toutefois, seulement 50 de ces travaux convenaient pour faire partie de la méta-analyse. Ces études ont fourni 99 estimations qui portaient sur l'ampleur de l'effet. Pour la plupart, ces dernières concernaient les supports de traversées combinés à des clôtures, viennent ensuite les réflecteurs qui avertissent les animaux puis les systèmes de détection animaliers. Les passages inférieurs représentaient la grande majorité des structures qui ont soutenu les franchissements routiers. Quant à elles, les études qui se sont intéressées à l'installation de clôtures portaient avant tout sur celles pour grands mammifères.

La diminution globale en matière de mortalité causée par la circulation routière atteignait environ 40 %. Cependant, de larges écarts existaient parmi les différentes estimations afin de déterminer dans quelle mesure les méthodes d'atténuation peuvent réduire cette mortalité. Dans l'ensemble, la présence de clôtures l'avait abaissée de 54 % (pour toutes les études réunies, qu'elles tiennent compte ou non des structures qui soutiennent les franchissements). Ce résultat apporte des éléments de preuve quantitatifs à propos des mesures

d'atténuation qui visent à diminuer la mortalité routière, elles doivent inclure l'installation de clôtures qui contrôlent la faune.



**Figure 5.12** Ampleur moyenne de l'effet et pourcentage moyen de la diminution du nombre d'animaux tués sur les routes en ce qui concerne trois méthodes d'atténuation (passages fauniques + clôtures, systèmes de détection animaliers, réflecteurs), en fonction de 39 estimations qui touchent les grands mammifères. Les valeurs entre parenthèses correspondent aux dénombrements effectués des estimations sur l'ampleur de l'effet occasionné. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95 %. (Mean effect size (d) = Ampleur moyenne de l'effet (diminution); Percent road-kill decrease (%) = Pourcentage moyen – diminution du nombre d'animaux tués sur les routes (%); Reflectors (7) = Réflecteurs (7); Animal detection systems (10) = Systèmes de détection animaliers (10); Crossing structure + Fencing = passages fauniques + clôtures (22)) (Source : Rytwinski et coll. 2016)



**Figure 5.13** Ampleur moyenne de l'effet et pourcentage moyen de la diminution du nombre d'animaux tués sur les routes en ce qui concerne différents groupes fauniques dans un contexte d'atténuation avec passages fauniques + clôtures, en fonction d'un échantillon de 47 estimations. Les valeurs entre parenthèses correspondent aux dénombrements effectués des estimations sur l'ampleur de l'effet occasionné. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95 %. (Mean effect size (d) = Ampleur moyenne de l'effet (diminution); Percent road-kill decrease (%) = Pourcentage moyen – diminution du nombre d'animaux tués sur les routes (%); Amphibians + Reptiles (14) = Amphibiens + Reptiles (14); Small-medium mammals (9) = Mammifères de petite et moyenne taille (9); Large mammals (24) = Grands mammifères (24)) (Source : Rytwinski et coll. 2016)

L'ampleur moyenne de l'effet occasionné par les passages fauniques combinés à des clôtures s'avérait supérieure à celle générée par ceux qui ne se trouvaient pas en combinaison, signe qu'un avantage supplémentaire existe avec l'installation de ces dernières. À l'égard des grands mammifères, les structures avec clôtures connexes qui soutiennent les franchissements de même que les systèmes de détection animaliers affichaient des ampleurs moyennes de l'effet occasionné plus élevées que pour les réflecteurs qui avertissent les animaux (Figure 5.12). Pour ces mêmes passages fauniques combinés à des clôtures, les grands mammifères se distinguaient de ceux de petite et de moyenne taille, comme des reptiles et des amphibiens, par des valeurs supérieures (Figure 5.13). Trop peu d'études étaient réalisées afin d'évaluer l'efficacité des clôtures seules, par l'installation de modèles pour grands mammifères en absence de structures qui soutiennent les franchissements. Également, peu de travaux de recherche étaient menés afin de comparer les différentes mesures d'atténuation utilisées par les taxons qui n'appartiennent pas aux grands mammifères.

Ni l'information rapportée dans les études que les variations entre caractéristiques des clôtures ne s'avéraient pas suffisantes. L'influence de plusieurs de ces attributs aurait pu être étudiée, comme la hauteur, le maillage, la présence d'obstacles au creusage, les porte-à-faux ou les stabilisateurs, les extrémités clôturées des sites qui subissent une intervention ou enfin le niveau d'entretien. Sa longueur demeurait la seule caractéristique qu'ils ont pu évaluer. Ce dernier attribut s'avérait indépendant à réduire le nombre d'animaux retrouvés morts sur les routes de l'efficacité, que la clôture soit conçue pour les grands mammifères, les reptiles ou bien les amphibiens. Cependant, les données ont toujours suivi une tendance similaire à celle observée lors des travaux de Huijser et coll. (2016). Ils avaient constaté que les clôtures les plus longues (> 5 km) ont présenté des baisses de ce dénombrement plus importantes pour les grands mammifères que celles qui se trouvaient courtes ( $\leq 5$  km). Quant à Rytwinski et coll. (2016), ils suggèrent qu'un nombre plus élevé d'études demeure nécessaire afin de déceler une relation entre la longueur de la clôture et l'ampleur de l'effet occasionné. Des tronçons routiers caractérisés par de longues clôtures (p. ex. de plusieurs kilomètres, et plus) risquent moins un problème d'extrémité de clôture que ceux pour lesquels celui-ci sera plus court. Par conséquent, les dénombrements élevés des animaux retrouvés morts sur les routes justes après les extrémités de clôture risquent fort de survenir si les segments clôturés s'avèrent trop courts. Les résultats de la méta-analyse apportent un appui à l'argument que les clôtures doivent rester plus longues. Rytwinski et coll. (2016) concluent que les concepteurs de routes ne doivent pas essayer de minimiser la longueur d'une clôture installée pour la faune. Afin de réduire de façon efficace le nombre d'animaux tués sur les

routes, les mesures d'atténuation doivent comporter l'installation de clôtures sur de longs segments qui protégeront les espèces sauvages. À moins de mettre en place des clôtures sur toute la longueur de la route, le problème d'extrémité de clôture risque d'être toujours présent. Toutefois, si cette option ne s'avère pas possible, l'installation de clôtures sur de longs segments s'impose afin de réduire ou diluer l'incidence de ce problème.

La méta-analyse démontre que les passages fauniques n'apparaissent pas efficaces afin de diminuer la mortalité routière sauf si des clôtures s'y trouvaient (Rytwinski et coll. 2016). Ainsi, l'option d'aménager seul des structures qui soutiennent les franchissements demeure inefficace afin d'atténuer le nombre d'animaux retrouvés morts sur les routes. Si l'objectif souhaité par les passages fauniques comprend la réduction de la mortalité routière, des clôtures s'avèrent une nécessité pour une atténuation efficace.

Les résultats révèlent également que des mesures coûteuses réduisent beaucoup plus le nombre de grands mammifères tués sur les routes que celles qui sont à bon marché. Respectivement, la figure 5.12 montre une réduction de 83 % pour les passages fauniques, suivent à 57 % pour les systèmes de détection animaliers p/r à 1 % pour les réflecteurs qui avertissent les animaux sauvages. Les fabricants de cette dernière option prétendent souvent que leurs réflecteurs s'avèrent une méthode éprouvée sur le plan scientifique afin de réduire les collisions qui impliquent les cervidés et les véhicules. Cependant, leur efficacité à long terme est rarement prise en considération, et les concepteurs de routes ne doivent pas prendre ces allégations au pied de la lettre. La réaction initiale des espèces sauvages aux réflecteurs diminue en règle générale au fil du temps alors que les animaux s'accoutument. Donc, des expérimentations de haute qualité doivent être effectuées avant une mise en œuvre à grande échelle. Les mesures plus coûteuses (p. ex., passages fauniques en combinaison avec des clôtures, systèmes de détection animaliers) ont fait preuve d'une forte rentabilité sur l'investissement, les retombées à long terme l'emportent au fil du temps sur les coûts (Huijser et coll. 2007, Huijser et coll. 2009). Celles à bon marché, quant à elles, ont tendance à ne pas générer d'effets importants.

Lors de travaux qui comprennent des études de type « prise de données avant événement » (BA et BACI), Rytwinski et coll. (2016) ont constaté que ceux-ci parviennent à mieux déceler l'efficacité des mesures d'atténuation sur la mortalité routière que d'autres qui n'en prévoyaient pas (CI). Un enjeu particulier avec les études dénommées CI; dans le cadre de l'évaluation de ces mesures, les sites considérés comme contrôles risquent de s'avérer inappropriés. Les méthodes d'atténuation se voient mises en place de façon assez fréquente aux endroits où le nombre d'animaux tués sur les routes demeurerait élevé. Les études CI, puisqu'elles se limitent à la « prise de données après événement », les dénombrements effectués d'animaux retrouvés morts



aux sites pourvus de mesures peuvent s'apparenter à ceux considérés comme contrôles. Toutefois, ces décomptes préexistants restaient sans doute plus élevés à ces derniers sites, puisqu'il arrive généralement aux autres où le nombre d'animaux tués sur les routes demeurait élevé qu'ils soient pourvus de mesures. Et, quant à eux, les sites dont ces dénombrements s'avéraient faibles, ils se voyaient uniquement sélectionnés en tant que contrôles. Ainsi, l'effet de la méthode d'atténuation reste masqué, et la conclusion à tirer s'avère inexacte, que cette mesure n'ait que peu ou pas d'influence sur la réduction de la mortalité routière. Selon la comparaison choisie (de conception BACI) entre les « prises de données avant événement », des sites qui génèrent un impact et des contrôles, les décomptes préexistants d'animaux morts sur les routes, ils demeureraient supérieurs aux endroits avec mesures d'atténuation par rapport à ceux qui en étaient dépourvus. Et, cette différence s'avérait prise en compte lors de l'analyse. Rytwinski et coll. (2016) ont évalué cette explication à l'aide de la variable « prise de données avant événement » à partir des études BACI incluses dans leur échantillonnage ( $n = 20$ ) qui portaient sur les grands mammifères. Ils ont constaté que les dénombrements des animaux tués sur les sites qui génèrent un impact demeureraient supérieurs (9,03 individus morts ou bien collisions entre espèces sauvages et véhicules/km/année  $\pm 3,02$  ET) à ceux des contrôles (5,86 individus morts ou collisions entre espèces sauvages et véhicules/km/année  $\pm 2,15$  ET). Pour l'une ou l'autre des situations, les méthodes d'atténuation n'étaient pas mises en place et les valeurs s'obtenaient par l'emploi d'un test  $t$  bilatéral ( $t = 2,94$ ,  $ddl = 19$ ,  $p = 0,009$ ). Ce résultat suggère que la variable « prise de données avant événement » s'avère nécessaire afin d'évaluer correctement l'efficacité des mesures d'atténuation en matière de mortalité routière.

Les auteurs de la méta-analyse ont tiré comme conclusion que des données manquaient afin de pouvoir mettre à l'essai de nombreuses questions à propos de cette même efficacité, elles présentent d'ailleurs un intérêt pour les concepteurs de routes. Comment, notamment, les caractéristiques des passages fauniques et des clôtures vont-elles influencer l'efficacité (p. ex., la présence d'obstacles au creusage, les porte-à-faux ou les « outriggers », la forme des extrémités des clôtures, le maillage, la hauteur, le dénombrement et l'espacement des structures qui soutiennent les franchissements ainsi que chaque segment avec clôtures)? Des raisons évoquées, les auteurs ont envisagé au départ que bon nombre des études n'avaient pas cumulé assez de données, ou bien que la taille de l'échantillon total se révélait trop petite afin de calculer une ampleur de l'effet. En outre, peu de variation était remarquée en matière de hauteur pour un type donné de clôture. Donc, un éventail de mesures d'atténuation et de caractéristiques existe pour lequel l'information manque toujours à propos de l'efficacité de chacune en ce qui concerne la réduction de mortalité routière. Des améliorations quant aux travaux de

recherche et à la notification des données s'imposent pour une plus grande diversité dans les méthodes d'atténuation. Avant tout, la conception d'études doit tenir compte de la collecte de données avant que ces mesures soient appliquées. Un élément important concerne la nécessité de reproduire dans le temps et l'espace, c.-à-d. les dénombrements d'années et de sites. Par conséquent, Rytwinski et coll. (2016) suggèrent respectivement une durée minimum absolue de quatre ans (pour des études BA), et soit une durée minimum absolue de quatre ans ou bien un échantillonnage sur quatre sites (pour celles de conception BACI). Leurs recommandations doivent figurer dès les premiers stades d'un projet de conception routière et les budgets de l'agence doivent être adaptés selon ces normes.

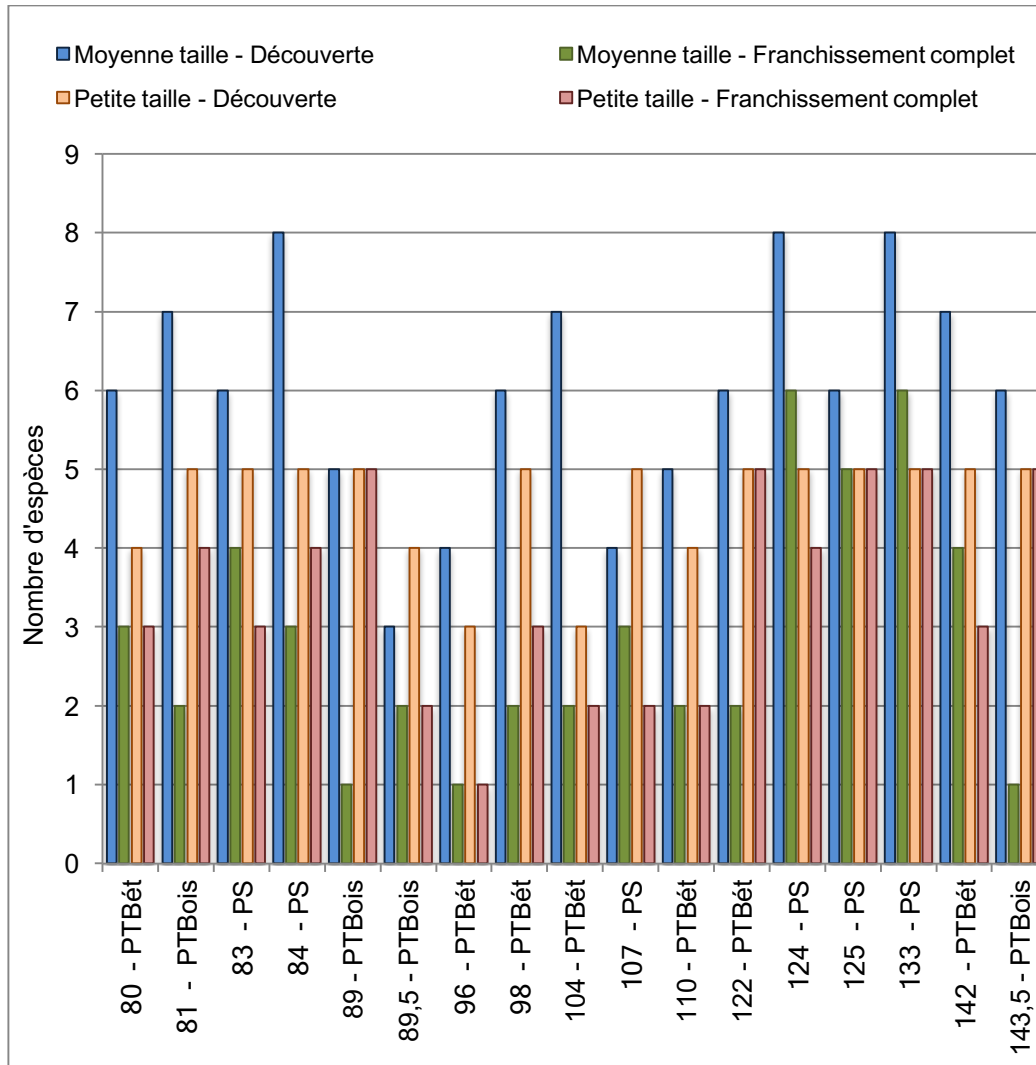
## 5.2 Objectif 2 - L'efficacité des passages fauniques

### 5.2.1 Découvertes et franchissements complets

La plupart des passages fauniques déjà aménagés ont été utilisés avec succès (franchissements complets) par des individus appartenant à plus de cinq espèces (Figures 4.23 et 5.14). Cependant, tous ces passages fauniques ont été traversés avec succès par au moins une espèce associée aux mammifères de taille moyenne et à ceux de petite taille. Le plus grand nombre d'espèces (n = 11) a été observé au PS localisé au km 133 (6 espèces associées aux mammifères de taille moyenne et 5 pour ceux de petite taille). Ensuite, un total de 10 espèces ont utilisé avec succès les passages au km 124 et 125. Le nombre moyen d'espèces par passage pour lequel des franchissements complets ont été captés s'élevait à 6,3 (2,9 faisaient partie du groupe des mammifères de taille moyenne et 3,4 étaient associées à ceux de petite taille). Cette valeur est légèrement plus basse que le nombre moyen d'espèces ayant visité chaque passage, soit 10,6 (6,0 espèces en moyenne associées aux mammifères de taille moyenne et 4,6 à ceux de petite taille).

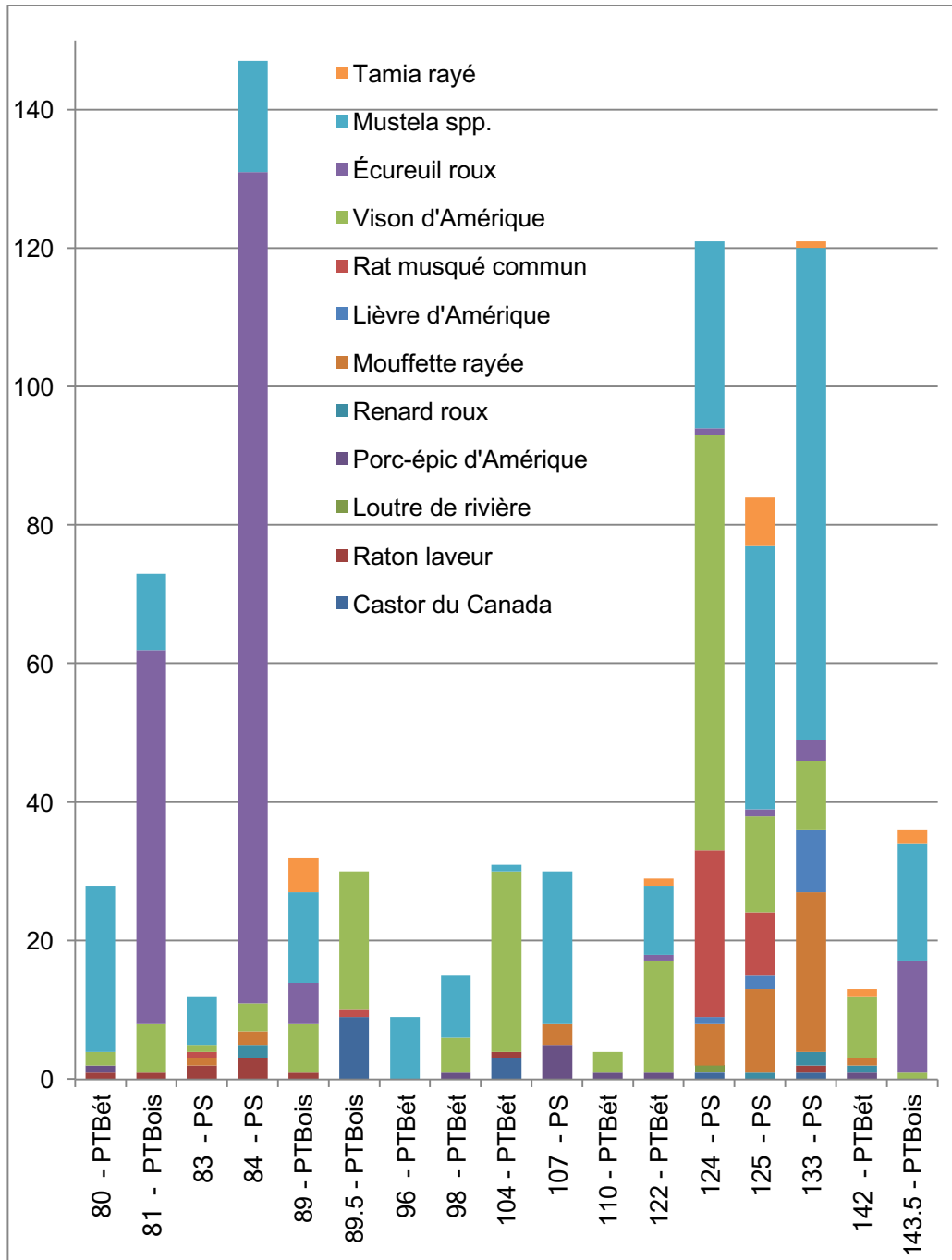
Ces résultats révèlent **la grande réussite des passages fauniques déjà aménagés** depuis leur construction qui datent d'à peine quatre à six années selon le cas. Ceci est d'autant plus intéressant qu'il s'agissait d'une première au Québec puisque la mise en place de tels ouvrages routiers n'avait jusqu'à maintenant jamais été expérimentée et examinée.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 5.14** Nombre d'espèces dont les découvertes (au moins une fois) de même que les franchissements complets (au moins une fois) étaient documentés pour les 17 passages fauniques sur une possibilité de de 12 espèces de mammifères de moyenne taille et de 6 de petite taille (l'ours noir au passage du km 133 n'est pas inclus dans cette analyse).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 5.15** Nombre de franchissements complets observés par espèce pour chaque passage faunique (les marmottes communes et les micromammifères ne sont pas inclus dans cette analyse mais ils sont présentés au tableau 5.7)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau 5.7 Nombre de franchissements complets documentés par espèce  
pour chaque passage faunique**

Espèce	80	81	83	84	89	89.5	96	98	10 4	10 7	11 0	122	12 4	12 5	13 3	142	143. 5
Castor du Canada	0	0	0	0	0	9	0	0	3	0	0	0	1	0	1	0	0
Raton laveur	1	1	2	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Loutre de rivière	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Porc-épic d'Amér.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	5	1	1	0	0	0	1	0
Renard roux	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0
Marmotte commune	3	82	3	0	0	0	1	1	0	21	5	15	95	20	13 1	14	275
Mouffette rayée	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0	6	12	23	1	0
Lièvre d'Amér.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	9	0	0
Rat musqué	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	24	9	0	0	0
<b>M. de moyenne taille</b>	<b>5</b>	<b>83</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>29</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>12 8</b>	<b>44</b>	<b>16 7</b>	<b>17</b>	<b>275</b>
Vison d'Amér.	2	7	1	4	7	20	0	5	26	0	3	16	60	14	10	9	1
Écureuil roux	0	54	0	12 0	6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	0	16
<i>Mustela</i> spp.	24	11	7	16	13	0	9	9	1	22	0	10	27	38	71	0	17
Tamias rayé	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0	7	1	1	2
Micro-mamm.	18	21	14	26	2	2	0	1	0	21	1	4	11 4	81	57	1	5
<b>Petits mamm.</b>	<b>44</b>	<b>93</b>	<b>22</b>	<b>16 6</b>	<b>33</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>27</b>	<b>43</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>20 2</b>	<b>14 1</b>	<b>14 2</b>	<b>11</b>	<b>41</b>
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>17 6</b>	<b>29</b>	<b>17 3</b>	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>31</b>	<b>72</b>	<b>10</b>	<b>48</b>	<b>33 0</b>	<b>18 5</b>	<b>30 9</b>	<b>28</b>	<b>316</b>

Déterminer quels passages fauniques s'avéraient les plus efficaces est une question difficile à répondre. Par exemple, le plus grand nombre de

franchissements complets effectués par des mammifères de taille moyenne (275) fut observé au passage situé au km 143,5, mais ceux-ci ont tous été réalisés par des marmottes communes. Les autres traversées (41) captées au km 143,5 ont été effectuées par cinq espèces ou groupes de petits mammifères (Tableau 5.7). Le passage du km 84 affichait le nombre le plus élevé de franchissements complets par les écureuils roux (120) et en plus, un total de 53 traversées réalisées par six autres espèces ou groupes (pas d'ouverture au centre, une distance de 28 m le sépare du couvert forestier).

Les trois passages les plus efficaces demeurent ceux situés au km 124 (PS), au km 133 (PS) et au km 125 (PS). Les nombres de franchissements complets étaient les plus élevés et ils appartenaient à des mammifères de taille moyenne (5 espèces) et de petite taille (4 espèces). Ces passages n'ont pas d'ouverture au centre et la distance qui les sépare du couvert forestier adjacent était respectivement de 39,5 m, 12 m et 17,5 m (Tableau 4.10). Par contre, au passage du km 81 (PTBois), nous avons documenté 83 franchissements complets par des mammifères de taille moyenne, dont 82 effectués par des marmottes communes (pas d'ouverture au centre, distance de 56 m avec le couvert forestier adjacent). Les passages fauniques les moins efficaces demeurent toutefois faciles à identifier. Ils sont situés au km 96 (PTBét), au km 110 (PTBét) de même qu'au km 98 (PTBét), avec moins de 20 traversées complètes. En ce qui a trait aux passages des kms 96 et 98, ils ne comportent pas d'ouverture au centre et la distance qui les sépare du couvert forestier adjacent atteignait respectivement 31 et 42 m. Dans le cas du passage au km 110, la distance à la forêt était de 70 m et le milieu environnant est très anthropisé en raison de la présence d'un dépôt de sel et sable du MTMDET. Ces constatations nous indiquent que les passages fauniques de type « PTBét » ne sont pas très efficaces. Néanmoins, il se peut fort bien que ces passages nécessitent de plus longues périodes d'accoutumance aux animaux par rapport à celles requises aux autres types.

Le tableau 5.8 résume les résultats qui portent sur l'efficacité des trois **types de passages fauniques**. Cette évaluation repose avant tout sur le nombre moyen de franchissements complets documentés selon l'espèce et pour chaque type de passages. Ce type de déplacement constitue le principal et seul objectif de la mise en place de ces passages fauniques. Lorsque le nombre de traversées complètes était similaire entre les passages, nous avons tenu compte également du nombre moyen de découvertes ou bien de la proportion de franchissements complets par rapport aux découvertes.

Les notes accordées aux passages de type PS demeurent supérieures aux deux autres types de passage à la fois pour les mammifères de moyenne et de petite taille. Toutes les espèces de mammifères de taille moyenne qui utilisent les passages de type PTBois utilisent aussi souvent ou même plus souvent les

passages de type PS, sauf pour le castor du Canada à l'égard duquel les PTBois seraient mieux adaptés (\*\*) que les PS et PTBét (\*) (Tableau 5.8). Cependant, il est possible qu'il y ait plus de castors autour des passages aux km 89,5 et 143,5 qu'ailleurs. Ce sont des passages de type PTBois dans les deux cas mais avec des surfaces de béton un peu plus grandes à l'entrée tel que mentionné à la section 3.2.1. Cette différence pourrait biaiser l'analyse.

Quant aux espèces dont les PTBét étaient adéquats pour leur mouvement, les PS l'étaient au moins également pour elles. Pour trois espèces qui ont utilisé les passages de type PTBét, aucun déplacement n'a été capté dans les PTBois. Par contre, une espèce utilisant les passages de type PTBois ne fut pas observée dans les passages de type PTBét.

À propos des mammifères de taille moyenne, les passages de type PS affichaient la note la plus élevée (4,6 sur un total de 10, 9 espèces sur une possibilité de 12). Cependant, elle s'avérait beaucoup plus basse pour les PTBois (2,0 sur 10, 4 espèces sur 12) ainsi que pour les PTBét (1,7 sur 10, 6 espèces sur 12) (Tableau 5.8).

Concernant les petits mammifères, peu importe le type de passage, ils semblaient convenir à 5 espèces sur un total de 6. Toutes les espèces utilisant les PTBét étaient également, ou plus, à l'aise dans les PTBois et encore plus dans les PS. Encore une fois, les passages de type PS affichaient la note la plus élevée (8,1 sur 10). Cependant, elle s'avérait nettement inférieure pour les PTBois (5,8 sur 10) ainsi que pour les PTBét (4,6 sur 10) (Tableau 5.8).

Globalement et en considérant l'ensemble des espèces de mammifères, la note la plus élevée (5,8 sur 10) fut attribuée aux passages de type PS. Elle s'est avérée nettement plus basse pour les PTBois (3,3 sur 10) ainsi que pour les PTBét (2,7 sur 10).

Au moment d'interpréter ces résultats, il importe de garder à l'esprit que ces données concernent les passages fauniques déjà aménagés le long de la route 175. D'ailleurs, il existe plusieurs autres différences notoires mises à part leur type et qui distinguent les passages fauniques, s'ils comportaient ou non une ouverture au centre à titre d'exemple. Ces éléments additionnels sont abordés dans la présente analyse aux sections 5.2.2 et 5.2.3 (voir ci-dessous).

Ces résultats indiquent très clairement que, dans l'ensemble, **les passages fauniques de type PS demeurent les plus efficaces à la fois pour les mammifères de moyenne et de petite taille**, alors que **les PTBét étaient les moins efficaces**. Cependant, certaines espèces associées aux deux groupes de mammifères semblent préférer plus souvent les PTBois que les PS. Cette constatation concorde avec les informations présentées à la figure 4.26 et au tableau 4.7 de la section 4.2.1, que sont les nombres moyens de visites, de franchissements complets de même que les coefficients moyens du nombre de traversées complètes sur celui des découvertes.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau 5.8 Résultats globaux qui permettent de comparer l'efficacité des trois types de passages fauniques aménagés le long de la route 175, pour 20 espèces (ou groupes) de mammifères, en fonction des données recueillies pendant la période de 2012 à 2015 (Tableau 4.7, Figure 4.23).** Les espèces sont ordonnées par valeur décroissante de masse corporelle (de la plus élevée à la plus légère). Efficacité globale en ce qui concerne : les mammifères de taille moyenne, les petits mammifères de même que toutes les espèces confondues. Cette valeur est calculée à partir d'une échelle d'appréciation qui varie de 0 à 10 par l'addition de tous les dénombrements d'étoiles (\*) et un rééchelonnage afin de déterminer ce nombre maximal possible pour chacun (toutefois, sans tenir compte de l'ours noir ni du loup gris). Par exemple, le nombre total de \* pour les PS est 16 sur un nombre maximal possible de 36 \* (= 12 espèces multiplie par 3 \* possible maximal par espèce). La valeur de 16 a été reconvertie sur une échelle de 0 à 10 en multipliant par le facteur 10,4 / 36, c.-à-d.  $16 \cdot 10,4 / 36 = 4,622$ . (Pour calculer une cote d'efficacité totale sur une échelle de 0 à 10, un rééchelonnage a été réalisé en utilisant le facteur 10,4 / 36 = 0,289. Ainsi, un nombre maximal de 36 est reconverti à un maximum de 10 et la cote de 10 équivaut aux autres [une valeur de 33 à 36 se traduit en un résultat de 10]. Autrement, la cote de 10 ne représenterait que la moitié des autres lorsqu'on utilise le facteur 10 / 36 [une valeur de 35 et 36 se traduit par 10 ainsi que 31 à 34 par 9]. Quel que soit le facteur utilisé, les résultats de la comparaison seraient identiques sur le plan qualitatif.) (- = inefficace, \* = légèrement efficace, \*\* = satisfaisant ou bon, \*\*\* = très bon)

Espèce	Efficacité des trois types de passages fauniques			Commentaires
	PS	PTBois	PTBét	
Ours noir	*	–	–	Les passages ne ciblaient pas l'ours noir.
Loup gris	–	–	–	Les passages ne ciblaient pas le loup gris.
Castor du Canada	*	**	*	
Lynx du Canada	–	–	–	
Raton laveur	**	*	*	
Loutre de rivière	*	–	–	
Porc-épic d'Amérique	*	–	*	
Renard roux	**	–	*	
Pékan	–	–	–	
Marmotte commune	***	***	*	
Mouffette rayée	***	–	*	
Lièvre d'Amérique	*	–	–	
Rat musqué commun	**	*	–	
Martre d'Amérique	–	–	–	



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Nombre d'espèces concernées des mammifères de taille moyenne, sur un total de 12 :</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	L'ours noir n'est pas comptabilisé
<b>Efficacité globale en ce qui concerne tous les mammifères de taille moyenne, selon une échelle de 0 à 10 :</b>	<b>4,6</b>	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>	Sans tenir compte de l'ours noir ni du loup gris
Vison d'Amérique	***	***	***	
Écureuil roux	***	**	*	
Espèces de <i>Mustela</i>	***	**	**	
Grand polatouche	—	—	—	
Tamia rayé	**	**	*	
Micromammifères	***	*	*	
<b>Nombre d'espèces concernées des petits mammifères, sur un total de 6 :</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	
<b>Efficacité globale en ce qui concerne tous les petits mammifères, selon une échelle de 0 à 10 :</b>	<b>8,1</b>	<b>5,8</b>	<b>4,6</b>	
<b>Nombre d'espèces concernées de tous les mammifères, sur un total de 18 :</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	
<b>Efficacité globale en ce qui concerne toutes les espèces de mammifères, selon une échelle de 0 à 10 :</b>	<b>5,8</b>	<b>3,3</b>	<b>2,7</b>	

D'après la figure 4.24 et le tableau 4.7, une comparaison de l'efficacité des trois types de passages fauniques fournit des éléments probants comme quoi les PS comme les PTBois demeurent plus efficaces que les PTBét. Toutefois, la comparaison effectuée précédemment au tableau 5.8 apporte une preuve encore plus solide à propos de ce résultat.

Ce résultat est toutefois surprenant, car nous avons formulé l'hypothèse qu'une combinaison de divers types de passages fauniques allait être plus propice ou serait du moins requise pour satisfaire les préférences d'un grand nombre d'espèces. Par conséquent, nous nous attendions que certains types de passage fonctionneraient mieux pour quelques espèces et d'autres types le seraient pour d'autres. Or ce n'est pas le cas car nos résultats indiquent très clairement qu'il n'en est rien, du moins quant aux passages déjà aménagés le long de la route 175. Plutôt, **les PS fonctionnent davantage de façon**

**cohérente pour la plupart des espèces** qui ont été aperçues en visite près des passages fauniques. Cependant, aucun de ces trois types de passage ne semble adapté pour la martre d'Amérique, le pékan ou bien le lynx du Canada. Nos résultats révèlent donc que les passages routiers déjà mis en place ne fonctionnent pas aussi bien pour les autres espèces et des améliorations supplémentaires demeurent possibles et souhaitables (voir les sections 6.3 et 6.4). **Il s'agit d'une avancée majeure en ce qui concerne ce projet de recherche.**

Toutefois, ce résultat soulève la question suivante : est-ce que les animaux préfèrent toujours utiliser un passage de type « PS » lorsqu'ils sont exposés à d'autres types de passage situés au même endroit, c.-à-d. si par exemple des PS étaient aménagés tout près de PTBois et de PTBét déjà mis en place. Il pourrait s'agir d'un projet intéressant à mener lors de futurs travaux de recherche.

Une autre question plus importante est également formulée : **quels types de passages fauniques** devraient être mis en place le long de la route 175 afin qu'ils soient utilisés par **le lynx du Canada, le pékan et la martre d'Amérique**? La faible utilisation des passages déjà aménagés par le porc-épic, le renard roux ainsi que la loutre de rivière demeure également préoccupant. Les grands polatouches pourraient aussi avoir besoin d'un type de passage différent.

Fait intéressant, les martres ont utilisé des ponceaux de drainage réguliers (de type « TBA ») aménagés sous la route 381 à deux voies (voir les résultats qui concernent l'Objectif 3). Les principales différences entre ces ponceaux de drainage installés sous la route 381 et les passages fauniques de type « PS » mis en place aux abords de la route 175 demeurent d'abord leurs longueurs, environ 30 m pour les premiers à comparer à 80–90 m pour les seconds. Ensuite, les distances des entrées de ponceaux à la forêt adjacente sont nettement plus courtes, et finalement ces dernières datent de plus longtemps. Le phénomène d'accoutumance des martres, par ailleurs, peut prendre plusieurs années. Une future étude qui porterait sur la route 175 et une analyse comparative des travaux de recherche qui proviendrait d'autres pays pourraient nous éclairer sur l'importance de chacun de ces trois facteurs sur l'utilisation des ponceaux en TBA par les martres. Il est bien connu que ces animaux évitent de traverser les milieux ouverts; par conséquent, nous recommandons que la distance qui sépare la forêt des entrées de passage soit diminuée. Cette mesure pourrait ainsi favoriser l'utilisation de ces ouvrages routiers par les martres.

Il est possible qu'un plus grand nombre d'espèces s'habituent aux passages fauniques et même qu'elles se mettent à les utiliser dans le futur; cependant, cette éventualité demeure incertaine. Des travaux de recherche plus poussés seraient nécessaires afin de répondre à cette question.

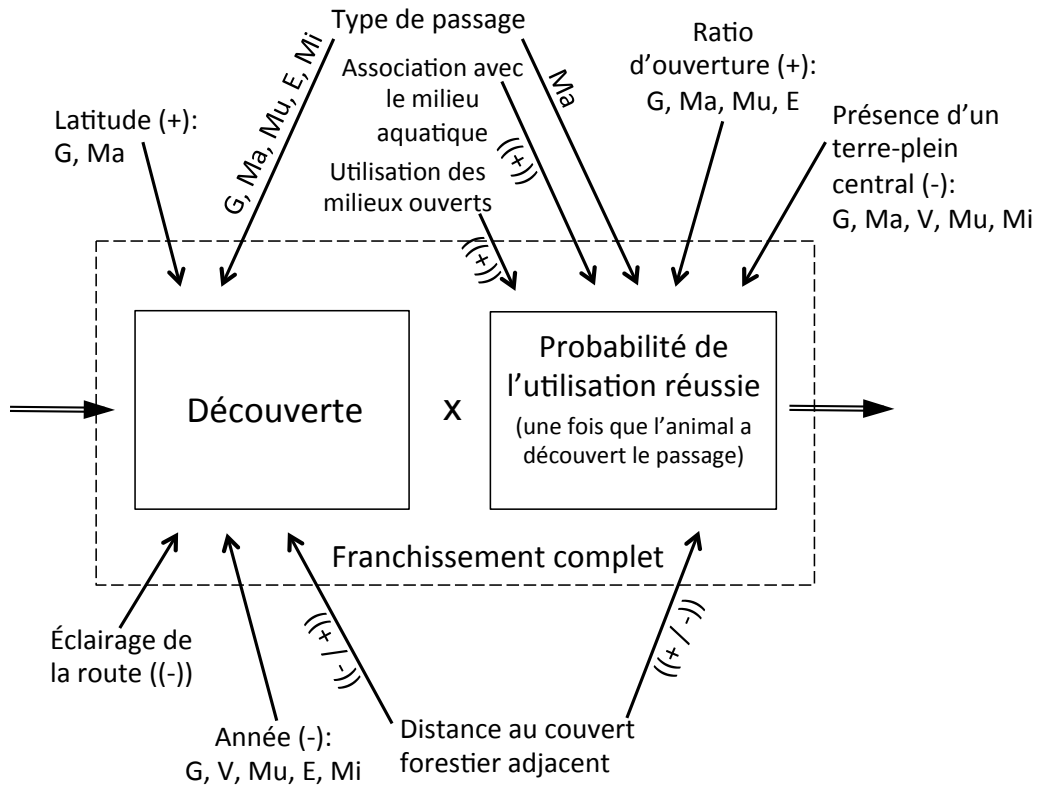
Une approche plus prometteuse consisterait à ajouter un nouveau type de passage faunique le long de la route 175 que les lynx, les pékans de même que les martres seraient plus enclins à utiliser. Les porcs-épics, les renards roux, les loutres de rivière ainsi que les grands polatouches pourraient également emprunter plus souvent ce même aménagement. Les expériences vécues par d'autres pays doivent être évaluées. Qu'ont-ils entrepris à l'égard de ces espèces? À titre d'exemple, à l'intérieur de quel(s) type(s) de passages – incluant leur longueur – des franchissements par des lynx, des pékans ou des martres ont-ils été observés? Par conséquent, une combinaison de types d'ouvrages routiers pourrait devenir nécessaire.

En fonction des résultats présentés plus haut, nous arrivons à la conclusion que l'aménagement des passages fauniques de type « PTBét » devrait être désormais interrompu aux abords de la route 175. D'autres espèces pourraient peut-être les utiliser davantage ailleurs au Québec que les autres types. Cette question peut être abordée lors de prochaines études menées dans d'autres régions de la province. Afin d'améliorer l'efficacité des passages fauniques de type « PTBét » déjà mis en place, ceux-ci devraient être convertis en PTBois par la superposition de lamelles de bois sur les tablettes en béton.

Cependant, les PTBois semblent fonctionner un peu mieux par rapport aux PS pour le castor du Canada et le tamia rayé.

### **5.2.2 Facteurs qui influencent la découverte et l'utilisation des passages fauniques**

Certains facteurs exercent une influence marquante sur la probabilité de découverte et son utilisation subséquente des passages pour effectuer un franchissement complet (Figure 5.16, Tableau 5.9).



**Figure 5.16** Les découvertes (visites) de même que les franchissements complets peuvent être influencés par divers facteurs (Tableaux 4.13 à 4.18). Le sens des relations observées est représenté par les symboles (+) et (-). Si la relation ne s'avérait toutefois pas significative, elle était symbolisée par un ((+)) ou un ((-)). Le symbole ((+ / -)) indique que les relations sont positives dans certains cas (ex. marmotte commune et micromammifères) et négatives dans d'autres cas sans toutefois être statistiquement significatives. Par contre, les relations qui atteignaient le seuil de signification pour les espèces (ou groupes) étaient représentées par les annotations suivantes : G = modèle global, Ma = marmotte, V = vison d'Amérique, Mu = espèces de *Mustela*, E = écureuil roux, Mi = micromammifères.

- (1) Type de passage : La discussion portant sur les types de passage à la section 5.2.1 était également appuyée par les résultats obtenus à la suite de l'analyse statistique multidimensionnelle abordée auparavant (Section 4.2.2). Alors que cette discussion (section 5.2.1) évaluait directement les franchissements complets, l'analyse multidimensionnelle abordait l'un après l'autre les deux aspects que sont la découverte de même que la probabilité d'une utilisation réussie une fois que l'animal avait

découvert le passage. Il en ressort que les passages de type PTBét réussissent moins bien, car ils s'avéraient les plus rarement découverts (dans l'ensemble, et notamment par les marmottes communes, les espèces de mustélidés, les écureuils, ainsi que les micromammifères). Les marmottes ont emprunté davantage les PS (une fois qu'elles les ont découverts) par rapport aux deux autres types, alors que les PTBois ont mieux fonctionné pour les écureuils. D'après ces résultats, nous recommandons de cesser la mise en œuvre de l'aménagement des PTBét afin de plutôt choisir dans la mesure du possible un autre type.

- (2) Ratio d'ouverture : Trois espèces ou groupes (marmotte commune, espèces de mustélidés et écureuils roux) ont affiché, outre pour le modèle global, une probabilité plus élevée à utiliser davantage de passages dont le ratio d'ouverture était plus élevé. Par contre, le vison d'Amérique, de même que les micromammifères les empruntaient moins souvent si le ratio d'ouverture était plus élevé (quoique non significatif). Un ratio d'ouverture plus élevé pour les passages est susceptible d'accroître l'utilisation des passages (franchissement complet). Cependant, ceci ne s'applique pas à toutes les espèces. En effet, se déplacer dans des milieux ouverts peut accroître le risque de prédation des petits mammifères puisqu'ils peuvent être repérés plus facilement par leurs prédateurs. Quelques espèces utilisent au contraire les milieux ouverts régulièrement. Elles préfèrent ainsi les structures qui vont leur permettre d'observer l'environnement de même que d'éviter les prédateurs. Par conséquent, elles vont en général davantage privilégier les passages qui présentent des ratios d'ouverture élevés.

Ceci est cohérent avec les résultats disponibles dans la littérature qui indiquent que les petits mammifères semblent préférer les petits ponceaux plutôt que les passages inférieurs de grand diamètre. Ils utiliseraient davantage les passages pourvus d'un couvert végétal abondant aux entrées (Goosem 2001, Clewenger et al. 2001, McDonald and St.-Clair 2004).

- (3) Présence d'une ouverture au centre : Les passages fauniques, qui comportent une ouverture, ont affiché d'une façon constante une probabilité réduite de franchissement complet une fois que les animaux les ont découverts. Cette relation atteignait le seuil de signification statistique chez toutes les espèces prises en compte lors de l'analyse, à l'exception de l'écureuil roux. L'espace dégagé au centre peut interrompre le déplacement de part en part à l'intérieur des passages. Les individus peuvent alors l'utiliser afin de quêter leur nourriture, et ils hésitent donc à pénétrer par l'entrée de la seconde section du passage. Par conséquent,

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

les passages fauniques doivent être aménagés sans ouverture au centre à moins qu'il soit impossible de faire autrement.

**Tableau 5.9 Synthèse des facteurs qui influencent la découverte et l'utilisation réussie des passages fauniques d'après l'analyse statistique multidimensionnelle. Le sens des relations qui atteignaient le seuil de signification est représenté par les symboles + et -. Les relations symbolisées par un (+) demeuraient légèrement significatives. Celles représentées par un ((+)) et un ((-)) ne l'étaient pas du tout; elles étaient observées entre 2012 et 2015, mais ne peuvent être généralisées à d'autres périodes ni d'autres emplacements. D = découvertes, U = probabilité d'un franchissement complet, une fois que le passage découvert. Les caractéristiques propres à l'espèce (utilisation des milieux ouverts, association avec le milieu aquatique) n'étaient pas incluses dans cette analyse, car elles étaient uniquement prises en compte lors de l'exécution du modèle global. De plus, les valeurs obtenues ne s'avéraient pas statistiquement significatives. Les sens hypothétiques de chacune de ces caractéristiques sont présentés aux tableaux 4.13 et 4.15. SO = sans objet (car le facteur ne faisait pas partie du modèle statistique)**

Espèce (ou groupe)	Passages			Habitat et route			Année
	Type de passage	Ratio d'ouverture	Ouverture au centre	Distance au couvert forestier adjacent	Éclairage des voies publiques	Latitude	
Modèle global – D :	PS ≈ PTBois (PS > PTBét) ((PTBois > PTBét))	SO	SO	((-))	((-))	+	-
- U :	((PS > PTBét > PTBois))	+	-	((-))	SO	SO	SO
Marmotte c. – D :	PS ≈ PTBois (PS > PTBét) ((PTBois > PTBét))	SO	SO	((+))	((-))	+	((-))
- U :	PS > PTBois ≈ PTBét	+	-	((+))	SO	SO	SO
Vison d'Am. – D :	((PTBois > PTBét > PS)) ((PTBois ≈ PTBét > PS))	SO	SO	((-))	((-))	((+))	-
- U :		((-))	-	((-))	SO	SO	SO
<i>Mustela</i> spp. – D :	((PS > PTBois > PTBét)) (PS > PTBét) ((PTBét > PS > PTBois))	SO	SO	((-))	((-))	0	-
- U :		+	-	((-))	SO	SO	SO
Écureuil roux – D :	PTBois > PTBét ((PTBois > PS > PTBét)) ((PS ≈ PTBois > PTBét))	SO	SO	((-))	((-))	((+))	-
- U :		(+)	((-))	((+))	SO	SO	SO

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Micromamm. – D :	PS > PTBois PS > PTBét ((PTBois > PTBét))	SO	SO	((+))	((–))	((+))	–
– U :	((PTBois ≈ PS > PTBét))	((–))	–	((+))	SO	SO	SO

(4) Distance au couvert forestier adjacent : Elle est liée à la découverte et à l'utilisation de ces passages fauniques, c.-à-d. dans le sens prévu et en accord avec la littérature scientifique même si l'influence de ce facteur ne s'avérait pas significative dans aucun des modèles statistiques élaborés lors de l'analyse multidimensionnelle. Toutefois, cette distance peut encore générer un effet négatif à la fois sur la découverte et sur l'utilisation des passages fauniques pour les espèces qui évitent les milieux ouverts, comme indiqué par le sens prédit des relations observées. Par contre, celles-ci demeureraient toutefois positives pour la marmotte commune et les micromammifères. Tous les deux utilisent les milieux ouverts comme habitat et les populations sont probablement plus abondantes le long des tronçons routiers qui contiennent de nombreux milieux ouverts entre les entrées des passages et le milieu forestier adjacent. Par conséquent, l'accroissement du couvert végétal entre la forêt adjacente et les entrées des passages pourrait accroître les découvertes et les utilisations de ceux-ci par les espèces qui évitent les milieux ouverts. Les trois passages qui affichaient la plus faible efficacité étaient situés aux kms 96, 98 et 110. Ils se caractérisaient respectivement par des distances à la forêt adjacente de 41 m (présence d'une ouverture au centre), 32 m (présence d'une ouverture au centre) ainsi que 70 m (absence d'une ouverture au centre).

Nous avons également examiné la relation entre la distance au couvert forestier adjacent et le nombre d'espèces (ou groupes) pour lesquelles (ou lesquels) des franchissements complets ont été observés (Tableau 5.10). Il demeure fort possible que ce nombre soit influencé négativement par cette distance, mais les passages fauniques à l'étude ne s'avéraient pas assez nombreux pour démontrer une signification statistique. Par exemple, il se peut que la martre d'Amérique n'utilise pas les passages fauniques parce que l'espace ouvert entre la forêt et les entrées aux passages est trop vaste. Les martes ont tendance à se déplacer très rapidement lorsqu'elles traversent des milieux ouverts. Ainsi, lorsqu'elles pénètrent à de rares occasions dans de vastes milieux ouverts le long de la route 175, elles traversent probablement la chaussée au point le plus court et de manière très rapide. Par conséquent, il peut être difficile pour eux de découvrir les entrées de passages fauniques. Une couverture végétale accrue entre la forêt et les entrées aux passages pourrait faciliter la découverte de ces derniers par les martes.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

**Tableau 5.10 Comparaison de plusieurs modèles statistiques afin d'aborder la relation entre le nombre d'espèces qui réalisent au moins un franchissement complet (sans tenir compte de la marmotte commune) et la distance au couvert forestier adjacent.** Ceux qui n'incluent pas cette distance comme variable affichent une valeur moindre pour le *AIC*, ce qui indique un rendement inférieur du modèle. (Dénomb. espèces = nombre d'espèces; ouverture = présence d'une ouverture au centre; dist. couvert = distance au couvert forestier adjacent; val. ord. à l'origine = valeur ordonnée à l'origine; p/r = par rapport à). (Annotation et définition des seuils en ce qui regarde la significativité : 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1; ddl = degrés de liberté; MLG; distribution de Poisson; *AIC* = critère d'information d'Akaike)

<b>Nombre d'espèces ~ Type de passage + Ouverture</b>				<i>AIC</i> = 74,486
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,07	0,15	13,6	< 2e-16***
PTBét	-0,55	0,24	-2,3	0,0211*
PTBois	-0,19	0,31	-0,6	0,55
Ouverture	-0,39	0,27	-1,45	0,15
déviante nulle = 16,14 p/r à 16 ddl; déviante résiduelle = 7,29 p/r à 13 ddl				
<b>Nombre d'espèces ~ Type de passage</b>				<i>AIC</i> = 74,674
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,015	0,15	13,5	< 2e-16***
PTBét	-0,59	0,24	-2,5	0,013*
PTBois	-0,41	0,27	-1,51	0,13
déviante nulle = 16,14 p/r à 16 ddl; déviante résiduelle = 9,48 p/r à 14 ddl				
<b>Nombre d'espèces ~ Dist. couvert + Type de passage</b>				<i>AIC</i> = 76,067
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,18	0,26	8,5	< 2e-16***
Dist. couvert	-0,0052	0,007	-0,775	0,44
PTBét	-0,53	0,25	-2,1	0,035*
PTBois	-0,33	0,29	-1,13	0,26
déviante nulle = 16,14 p/r à 16 ddl; déviante résiduelle = 8,87 p/r à 13 ddl				
<b>Nombre d'espèces ~ Ouverture</b>				<i>AIC</i> = 76,08
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,84	0,12	15,3	< 2e-16***
Ouverture	-0,41	0,23	-1,75	0,0797 .
déviante nulle = 16,14 p/r à 16 ddl; déviante résiduelle = 12,882 p/r à 15 ddl				



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Nombre d'espèces ~ Dist. couvert + Type de passage + Ouverture</b>				AIC = 76,146
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,19	0,25	8,7	< 2e-16***
Dist. couvert	-0,0039	0,007	-0,58	0,56
PTBét	-0,5	0,25	-1,98	0,0475*
PTBois	-0,14	0,313	-0,46	0,647
Ouverture	-0,36	0,27	-1,36	0,18
déviance nulle = 16,14 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 6,948 p/r à 12 ddl				
<b>Nombre d'espèces ~ Dist. couvert + Ouverture</b>				AIC = 76,386
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,13	0,25	8,4	< 2e-16***
Dist. couvert	-0,008	0,006	-1,28	0,20
Ouverture	-0,35	0,24	-1,47	0,14
déviance nulle = 16,14 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 11,19 p/r à 14 ddl				
<b>Nombre d'espèces ~ Dist. couvert</b>			AIC = 76,638	
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,11	0,26	8,16	3,5e-16***
Dist. couvert	-0,01	0,006	-1,62	0,105
déviance nulle = 16,14 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 13,44 p/r à 15 ddl				

(5) Éclairage des voies publiques : La présence d'un tel éclairage n'a pas démontré de différence significative pour aucun des modèles statistiques élaborés lors des analyses. Toutefois, il peut encore générer un effet négatif sur le nombre de visites effectuées à l'intérieur des passages fauniques, comme indiqué par le sens prédit pour ces relations observées, lequel demeurerait uniformément négatif pour tous ces modèles élaborés. Par conséquent, éviter l'éclairage des voies publiques au voisinage des passages fauniques peut accroître l'intérêt de certaines espèces plus lucifuges à se lancer dans leur exploration.

(6) Latitude : Contrairement à notre hypothèse (Tableau 4.11), le nombre de visites s'avérait supérieur aux passages fauniques situés plus au nord pour le modèle global et celui élaboré pour les marmottes communes. Le nombre de visites, quoique non significatif, demeurerait légèrement plus élevé pour le vison d'Amérique, l'écureuil roux ainsi que les micromammifères. Le gradient

latitudinal du nombre de découvertes par les marmottes peut s'expliquer partiellement par la variation de la disponibilité des habitats propices pour cette espèce le long de la route. La largeur de l'accotement le long du tronçon entre les parties méridionale et septentrionale de la route 175 (entre les km 82 et 105) demeure très étroite, réduisant l'abondance de milieux ouverts. Puisque les marmottes sont associées aux milieux ouverts, elles sont probablement moins abondantes dans cette section de l'axe routier. Elles ont découvert à plus de 50 reprises (Figure 4.23f) seulement quatre passages fauniques qui se trouvent au sud (km 81) et au nord (kms 124, 133 et 143,5). L'augmentation globale du nombre de découvertes peut être attribuable à un gradient de la distribution des animaux au sein de la RFL pour d'autres espèces également.

(7) Année de l'étude : La relation négative qui existe entre ce facteur et le nombre de visites effectuées s'est avérée forte et cela contre toute attente. Elle peut, du moins en partie, s'expliquer d'abord par des tendances temporelles de l'abondance des animaux dans les habitats avoisinants (Yanes et coll. 1995) et les fluctuations démographiques des micromammifères en particulier. En effet, leur abondance se trouvait à son sommet en 2012 si on se fie au nombre élevé de découvertes enregistrées (Figure 4.14). Cheveau et coll. (2004) ont documenté que les fluctuations des populations de campagnols suivent un cycle de 4 ans au Québec au nord du 49<sup>e</sup> parallèle. Elles peuvent également se produire de manière similaire chez d'autres d'espèces de micromammifères. Cependant, il n'y a pas de cycles de population bien définis au sud de 49<sup>e</sup> parallèle et les variations d'abondance des populations ne sont pas nécessairement synchrones à travers le Québec (Dr. M. Cheveau, MFFP). Cette tendance temporelle au déclin était aussi remarquée pour les données se rapportant à la mortalité routière (Figure 4.10). Cependant, cette baisse s'avérait beaucoup moins prononcée pour les mammifères de moyenne taille que pour les petits mammifères. Une étude à plus long terme s'impose afin de pouvoir distinguer ces différents mécanismes possibles. Le suivi doit couvrir plusieurs, au moins trois, cycles démographiques pour être en mesure de distinguer les variations à court terme des effectifs de populations de celles se manifestant à long terme.

(8) Caractéristiques fonctionnelles propres aux espèces : L'utilisation des milieux ouverts et l'association avec le milieu aquatique peuvent exercer une influence pour qu'un passage se fasse découvrir puis utiliser pour y faire un franchissement complet. Toutefois, l'influence de ces deux variables n'a pas été détectée pour la découverte des passages et elle n'atteignait pas le seuil de signification pour les franchissements complets, une fois que le passage faunique avait été découvert. Les données révèlent toutefois que les espèces qui utilisent les milieux ouverts de même que celles qui ont une association

avec le milieu aquatique affichent une probabilité légèrement supérieure par rapport aux autres espèces.

### **5.2.3 Relation entre l'utilisation d'un passage et la mortalité routière à proximité**

Si le nombre d'animaux qui croisent des clôtures et des passages fauniques semble à peu près similaire tout au long de la route 175, on peut s'attendre à ce que la mortalité routière décroisse près des passages fauniques qui sont très utilisés par rapport à ceux qui sont peu utilisés. Les animaux qui traversent les passages d'une extrémité à l'autre ne reviendront très probablement pas vers la route, et par conséquent ils ne seront plus susceptibles d'être tués.

Par contre, pour ceux qui découvrent les passages et qui ne circulent pas à travers eux, ils peuvent tenter de franchir la chaussée. Dans une certaine mesure, un nombre plus élevé de découvertes peut indiquer un plus grand nombre d'individus qui croisent plus fréquemment les clôtures. Par conséquent, le nombre d'animaux tués sur la route devrait être supérieur lorsque le nombre de découvertes (sans un franchissement complet) est plus élevé.

Nous avons validé ces deux hypothèses à l'aide des données du tableau 5.12 qui incluent toutes les espèces, les mammifères de moyenne taille et les porc-épics séparément. De plus, le nombre de franchissements complets peut également être supérieur alors que celui des animaux qui croisent des clôtures est plus élevé. En conséquence, autant le nombre de franchissements complets que celui des animaux tués sur la route pourraient être plus élevés dans ces situations. Afin de tenir compte de cette influence lors de l'analyse statistique, nous nous sommes servis du nombre de découvertes parallèlement à celui des franchissements complets en tant que variables prédictives dans une analyse de régression multiple.

Nous avons constaté une forte relation négative entre le nombre de franchissements complets et celui des animaux tués sur la route dans le même tronçon pour toutes les espèces confondues (Figure 5.17) ainsi que toutes espèces de taille moyenne confondues (Figure 5.19). Cette constatation valide notre première hypothèse qui touche à ces groupes d'espèces. Lorsque le nombre de franchissements complets est faible, le nombre d'animaux tués sur la route peut être faible, moyen et même élevé. Cependant, lorsque les franchissements sont nombreux, la mortalité reste faible (Figure 5.17).

Par contre, notre hypothèse n'est pas supportée par les données associées au porc-épic (Figure 5.21).

Concernant notre deuxième hypothèse, nous n'avons pas constaté d'éléments de preuve comme quoi la mortalité routière s'accroît aux endroits où les passages sont découverts plus fréquemment (Figures 5.18, 5.20 et 5.22).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

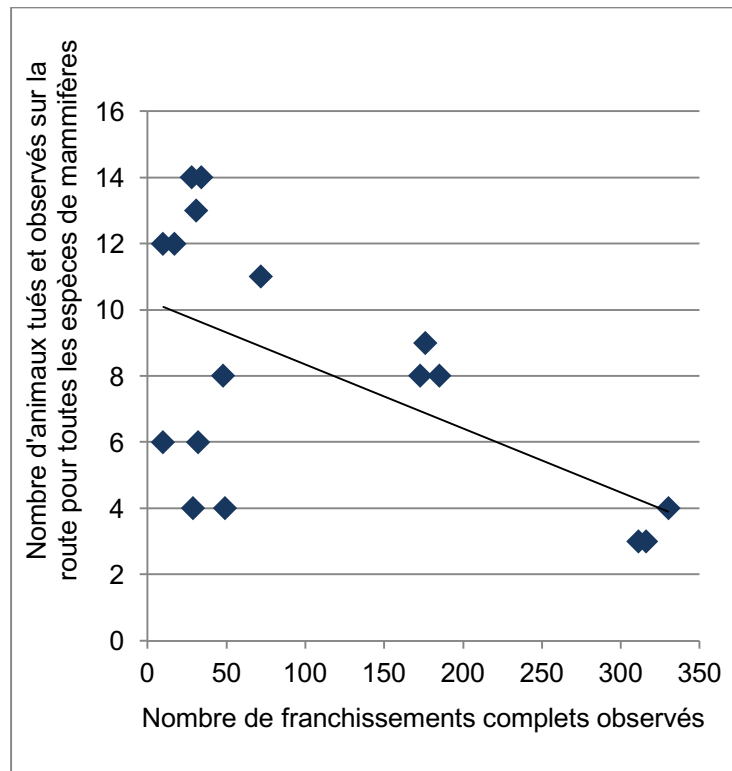
**Tableau 5.11 Utilisation pendant la période de 2012 à 2015 des trois types de passages fauniques (nombre de franchissements complets observés) et mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près des segments clôturés (C) ainsi que des deux extrémités de clôture (EC), selon le groupe (toutes les espèces confondues, les mammifères de taille moyenne de même que les porcs-épics).**

Type	km	Ouverture au centre	Toutes les espèces de mammifères confondues		
			Découvertes	Franchissements complets	Mortalité (C + EC)
PTBét	80	n	209	49	4 (1 + 3)
	96	o	278	10	12 (1 + 11)
	98	o	446	17	12 (0 + 12)
	104	n	100	31	13 (2 + 11)
	110	n	87	10	6 (0 + 6)
	122	n	267	48	8 (0 + 8)
PTBois	142	n	172	28	14 (3 + 11)
	81	o	1915	176	9 (1 + 8)
	89	o	1002	34	14 (0 + 14)
	89,5	n	236	32	6 (1 + 5)
PS	143,5	o	1136	316	3 (0 + 3)
	83	n	567	29	4 (0 + 4)
	84	n	1004	173	8 (1 + 7)
	107	o	1990	72	11 (1 + 10)
	124	n	1854	330	4 (2 + 2)
	125	n	1074	185	8 (0 + 8)
	133	n	2007	311	3 (0 + 3)

Type	km	Ouverture au centre	Mammifères de taille moyenne			Porc-épic		
			Découvertes	Franchissements complets	Mortalité (C + EC)	Découvertes	Franchissements complets	Mortalité (C + EC)
PTBét	80	n	22	7	4 (1 + 3)	3	1	2 (1 + 1)
	96	o	34	1	11 (1 + 10)	3	0	9 (0 + 9)
	98	o	38	7	7 (0 + 7)	5	1	4 (0 + 4)
	104	n	76	30	8 (1 + 7)	2	0	7 (1 + 6)
	110	n	28	9	4 (0 + 4)	2	1	3 (0 + 3)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	122	n	134	32	6 (0 + 6)	10	1	5 (0 + 5)
	142	n	89	26	10 (2 + 8)	17	1	5 (0 + 5)
PTBo is	81	o	393	90	9 (1 + 8)	1	0	2 (1 + 2)
	89	o	42	8	9 (0 + 9)	3	1	7 (0 + 7)
	89,5	n	75	30	4 (1 + 3)	0	0	1 (0 + 1)
	143,5	o	590	276	2 (0 + 2)	1	0	2 (0 + 2)
PS	83	n	24	8	2 (0 + 2)	2	0	1 (0 + 1)
	84	n	37	11	5 (1 + 4)	4	0	3 (1 + 2)
	107	o	71	29	9 (1 + 8)	13	5	7 (1 + 6)
	124	n	456	188	4 (2 + 2)	13	0	3 (1 + 2)
	125	n	330	58	6 (0 + 6)	16	0	4 (0 + 4)
	133	n	452	177	3 (0 + 3)	6	0	2 (0 + 2)



**Figure 5.17** Relation entre le nombre de franchissements complets observés et la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour toutes les espèces de mammifères confondues ( $p = 0,016$ ,  $R^2 = 0,33$ ,  $r = 0,57$ )

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

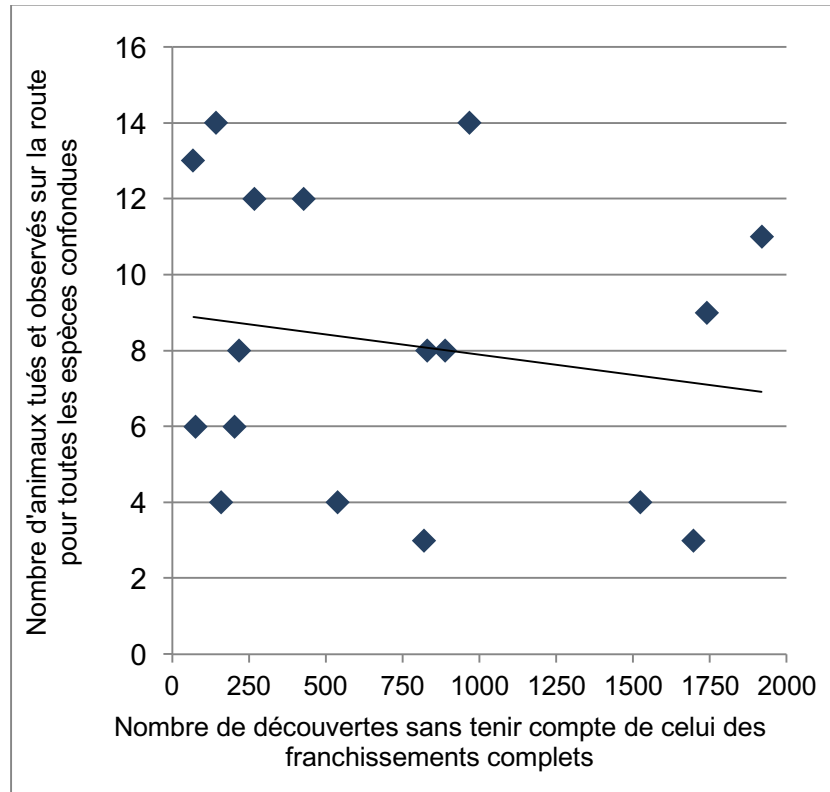


Figure 5.18 Analyse de corrélation entre la découverte des entrées de passages (nombre de découvertes sans tenir compte de celui des franchissements complets observés) et la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour toutes les espèces confondues ( $p = 0,504$ ,  $R^2 = 0,03$ ,  $r = 0,17$ )

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

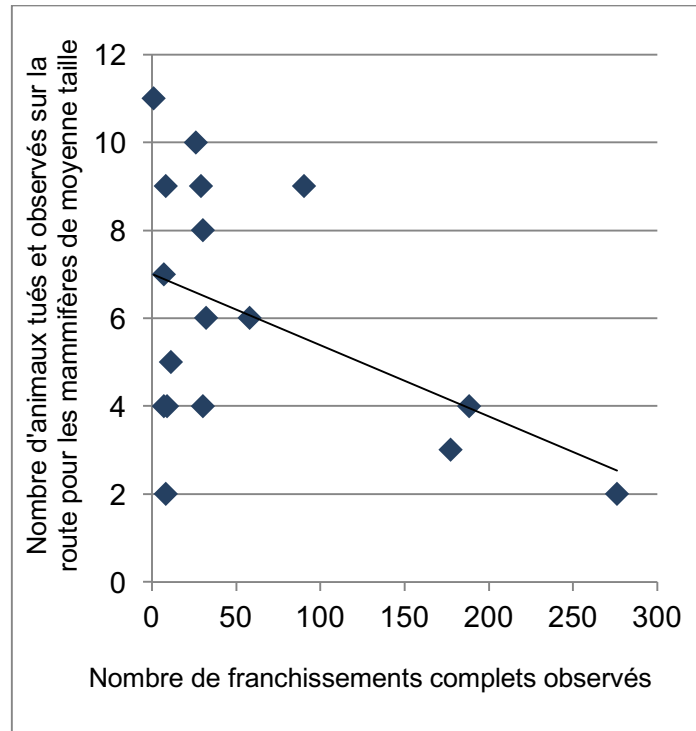
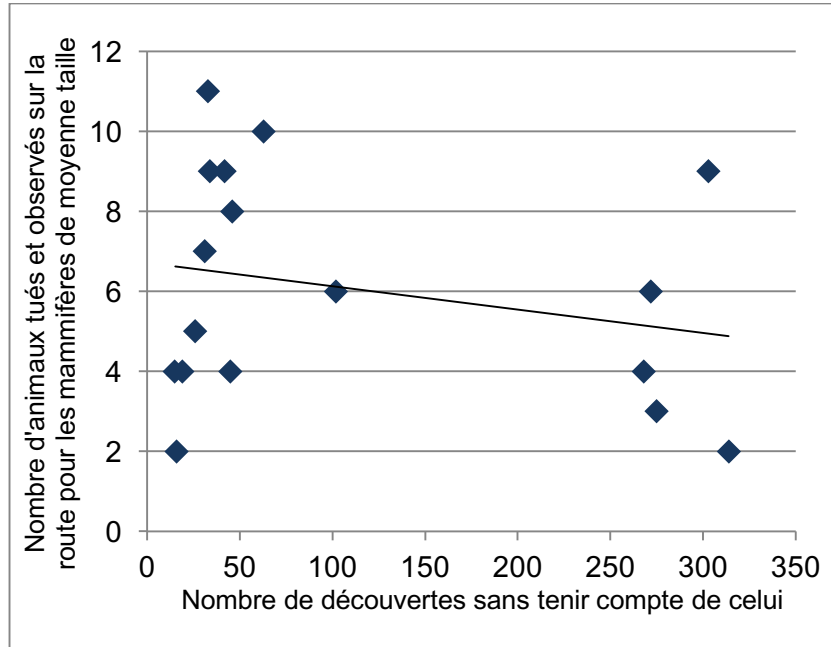
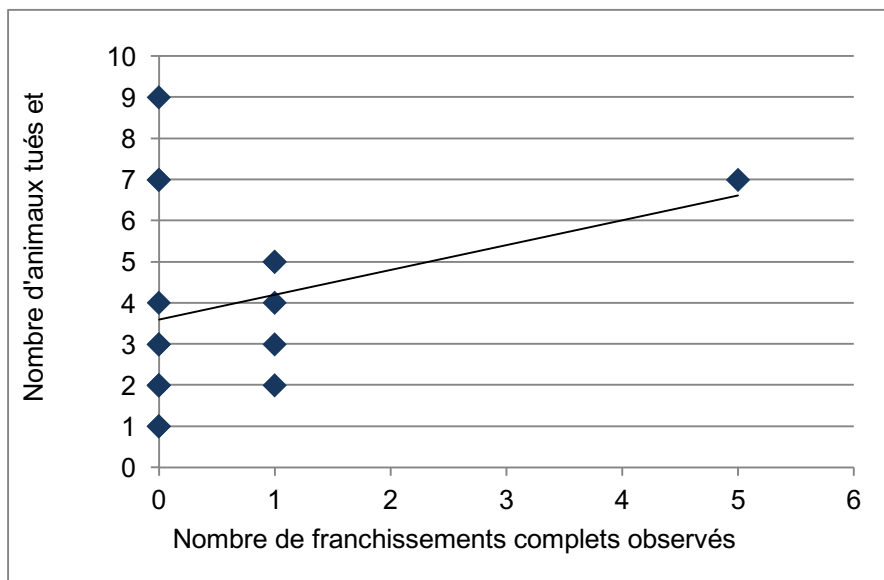


Figure 5.19 Relation entre le nombre de franchissements complets observés et la mortalité routière (nombre d'animaux retrouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour les mammifères de moyenne taille ( $p = 0,069$ ,  $R^2 = 0,204$ ,  $r = 0,45$ )

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



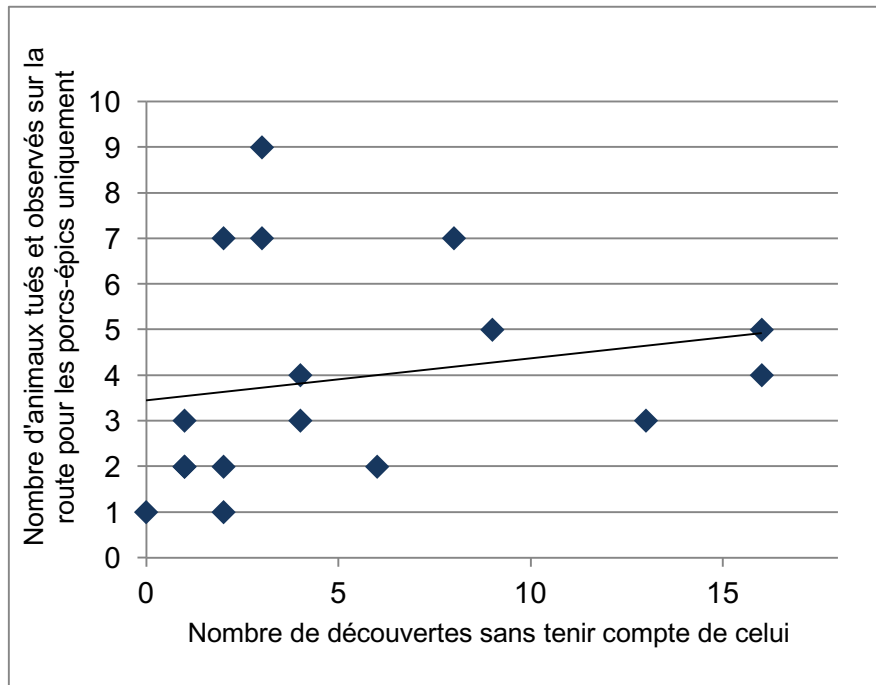
**Figure 5.20** Analyse de corrélation entre la découverte des entrées de passages (nombre des découvertes sans tenir compte de celui des franchissements complets observés) et la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour tous les mammifères de moyenne taille ( $p = 0,35$ ,  $R^2 = 0,058$ ,  $r = 0,24$ )



**Figure 5.21** Analyse de corrélation entre l'utilisation des passages (nombre de franchissements complets observés) et la mortalité routière



(nombre d'animaux retrouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour les porcs-épics uniquement ( $p = 0,22$ ,  $R^2 = 0,097$ ,  $r = 0,31$ )



**Figure 5.22** Analyse de corrélation entre la découverte des entrées de passages (nombre des découvertes moins celui des franchissements complets observés) et la mortalité routière (nombre d'animaux retrouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour les porcs-épics uniquement ( $p = 0,44$ ,  $R^2 = 0,04$ ,  $r = 0,20$ )

Ces résultats démontrent que la mortalité routière reste inférieure, sauf pour les porcs-épics, près des passages fauniques les plus utilisés. Quelques-uns de ces ouvrages de franchissement par rapport à d'autres affichent une plus grande efficacité, un signe additionnel en soi. Une régression multiple confirme également cette conclusion (Tableau 5.12). Lorsque les porcs-épics sont exclus des analyses qui concernent les espèces de mammifères confondues aux figures 5.19 et 5.20, les résultats demeurent très similaires. Par conséquent, ils ne sont pas montrés ici.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

**Tableau 5.12 Puissance statistique de la relation qui existe entre l'utilisation des passages (nombre de franchissements complets observés), la découverte de ceux-ci de même que la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près des segments clôturés (C) ainsi que des deux extrémités de clôture (EC)) pendant la période de 2012 à 2015, selon le groupe (toutes les espèces confondues, les mammifères de taille moyenne et le porc-épic). (Animaux tués = animaux tués sur la route; découv. = découvertes; franchiss. compl. = franchissements complets; val. ord. à l'origine = valeur ordonnée à l'origine; p/r = par rapport à). (Annotation et définition des seuils en ce qui regarde la significativité : 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 ' ' 0,1 ' ' 1; ddl = degrés de liberté; MLG; distribution de Poisson; AIC = critère d'information d'Akaike)**

<b>Toutes les espèces confondues :</b>				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl.</b>				AIC = 89,12
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,273	0,128	17,8	< 2e-16***
Découv.	0,00027	0,00017	1,59	0,11
Franchiss. compl.	-0,00415	0,0013	-3,29	0,0099***
déviance nulle = 31,2 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 17,84 p/r à 14 ddl				
<b>Animaux tués ~ Découv.</b>				AIC = 98,59
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,238	0,128	17,4	< 2e-16***
Découv.	-0,00017	0,00013	-1,35	0,18
déviance nulle = 31,2 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 29,31 p/r à 15 ddl				
<b>Animaux tués ~ Franchiss. compl.</b>				AIC = 89,51
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,363	0,111	21,24	< 2e-16***
Franchiss. compl.	-0,0028	0,0009	-3,09	0,002**
déviance nulle = 31,2 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 20,23 p/r à 15 ddl				
<b>Mammifères de moyenne taille :</b>				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl.</b>				AIC = 81,68
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,89	0,134	14,07	< 2e-16***
Découv.	0,0023	0,0015	1,51	0,132
Franchiss. compl.	-0,009	0,0042	-2,13	0,033*
déviance nulle = 22,45 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 15,29 p/r à 14 ddl				
<b>Animaux tués ~ Découv.</b>				AIC = 84,23
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Val. ord. à l'origine	1,944	0,129	15,07	< 2e-16***
Découv.	-0,00092	0,0006	-1,56	0,12
déviance nulle = 22,45 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 19,83 p/r à 15 ddl				
<b>Animaux tués ~ Franchiss. compl.</b>				<b>AIC = 81,79</b>
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,966	0,119	16,46	< 2e-16***
Franchiss. compl.	-0,0033	0,0016	-2,1	0,0385*
déviance nulle = 22,45 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 17,4 p/r à 15 ddl				
<b>Porc-épic :</b>				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl.</b>				<b>AIC = 78,68</b>
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,196	0,19	6,29	3,2e-10***
Découv.	0,0175	0,024	0,74	0,46
Franchiss. compl.	0,094	0,092	1,03	0,31
déviance nulle = 22,74 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 20,28 p/r à 14 ddl				
<b>Animaux tués ~ Découv.</b>				<b>AIC = 77,67</b>
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,205	0,189	6,38	1,75e-10***
Découv.	0,026	0,021	1,23	0,22
déviance nulle = 22,74 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 21,27 p/r à 15 ddl				
<b>Animaux tués ~ Franchiss. compl.</b>				<b>AIC = 77,21</b>
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,29	0,14	9,23	< 2e-16***
Franchiss. compl.	0,123	0,083	1,48	0,138
déviance nulle = 22,74 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 20,81 p/r à 15 ddl				

Trois passages fauniques sont particulièrement efficaces puisque les nombres de franchissements complets sont très élevés et les cas de mortalité routière à proximité sont peu nombreux pour toutes les espèces confondues (Fig. 5.17). Ces structures sont localisées au km 124 (PS, pas d'ouverture au centre), au km 133 (PS, pas d'ouverture au centre) de même qu'au km 144 (PTBois, avec ouverture au centre). Ces trois passages étaient également les plus efficaces pour les mammifères de taille moyenne (Figure 5.19).

Le nombre de porcs-épics qui utilisent les passages fauniques demeurerait faible (0 ou 1) sauf au site du km 107 (PS, avec ouverture au centre) lequel était emprunté par 5 d'entre eux, mais la mortalité routière restait toutefois élevée (Figure 5.21). Un total de 73 individus ont été tués à proximité des passages

fauniques et des clôtures. En fait, 7 d'entre eux (10 %) ont été trouvés morts près des segments clôturés tandis que 66 (90 %) l'étaient plutôt à proximité des extrémités de clôture. Au cours de la même période, seuls 10 porcs-épics auraient franchis avec succès les passages alors qu'un total de 101 individus les auraient découverts. Cette observation révèle qu'ils n'utilisent pas fréquemment les passages fauniques déjà en place. Ils ont plutôt tendance à escalader les clôtures ou à se déplacer le long de celles-ci jusqu'à ce qu'ils atteignent une extrémité clôturée afin de tenter de traverser la route à cet endroit. Ainsi, un autre type de passage faunique pourrait être mieux adapté pour le porc-épic que ceux déjà aménagés.

En fonction des régressions linéaires multiples, les passages fauniques localisés au km 80 (PTBét), au km 110 (PTBét), au km 89,5 (PTBois), au km 83 (PS) ainsi qu'au km 133 (PS) affichent pour le segment de route à proximité un nombre inférieur de mortalités routières basé sur le nombre de découvertes et le nombre de franchissements complets. Tous ces passages ne comportent pas une ouverture au centre.

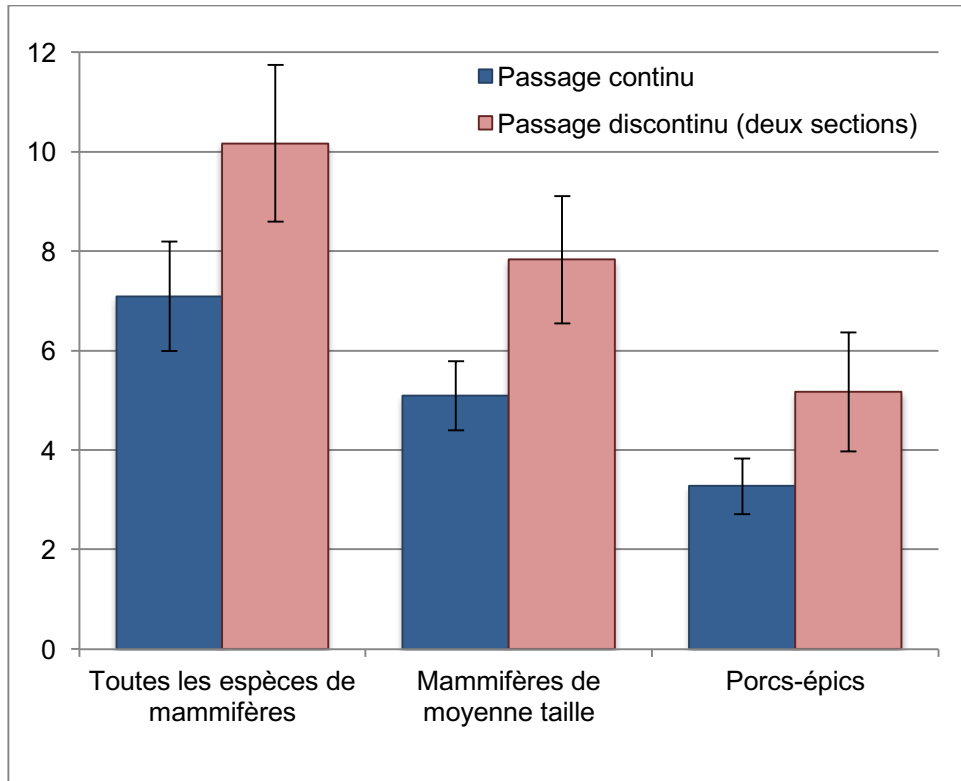
Quant à ceux situés au km 96 (PTBét), au km 98 (PTBét), au km 104 (PTBét), au km 142 (PTBét) ainsi qu'au km 89 (PTBois), ils présentent un nombre de mortalités supérieur à celui prédit en utilisant dans l'équation les variables nombre de découvertes et nombre de franchissements routiers. Trois de ces passages fauniques comportent une ouverture au centre, tandis que deux n'en ont pas.

Certains passages fauniques fonctionnent mieux que d'autres à la fois pour l'utilisation et la réduction de la mortalité routière. Une relation significative existe entre leur utilisation accrue et une mortalité plus faible. Cette constatation indique alors que les passages fauniques qui fonctionnent bien permettent de réduire la mortalité routière. De plus, les clôtures deviennent plus efficaces lorsqu'elles sont installées en combinaison de ceux-ci. Ce processus fait partie d'une logique intuitive, car les animaux qui ont l'intention de se déplacer dans une certaine direction et utilisent un passage faunique ne seront sans doute pas tentés de traverser la route en se déplaçant sur la chaussée. Nous recommandons de prendre davantage en considération la construction d'autres types d'ouvrages de franchissement routier qui peuvent être mieux adaptés pour les espèces qui n'utilisent pas beaucoup les passages déjà en place, c.-à-d. le porc-épic, le renard roux, la loutre de rivière, la martre d'Amérique, le pékan et le lynx du Canada. Il se peut que ces espèces utilisent plus souvent les passages inférieurs conçus pour la grande faune plutôt que ceux installés pour la petite faune. Certaines espèces plus sensibles à la fragmentation peuvent nécessiter des installations particulières (sélection de sites, aménagement des approches, type de conduit, forme et diamètre, etc.).

Des exemples d'autres passages fauniques sont disponibles dans le manuel européen intitulé « Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: COST 341 » (luell et al. 2003: pp. 32-38) et dans le guide technique français « Aménagements et mesures pour la petite faune » (Carsignol et al. 2005: pp. 102-127), de même que dans d'autres publications internationales. Ces documents contiennent des photos et des dessins. Parmi les exemples présentés dans ces ouvrages, il y a des ponceaux circulaires en béton (1 – 1,5 m de diamètre) dont le fond a été recouvert de terre, des ponceaux rectangulaires (1,2 m de largeur et 0,8 m de hauteur) dont le fond est également recouvert de terre et des ponceaux ellipsoïdales ou en arche faits de tôle ondulée. Il y a également des ponceaux en béton de forte dimension munis de tablettes de chaque côté. Ces ponceaux sont également pourvus de branches et de souches offrant ainsi un couvert aux petits mammifères.

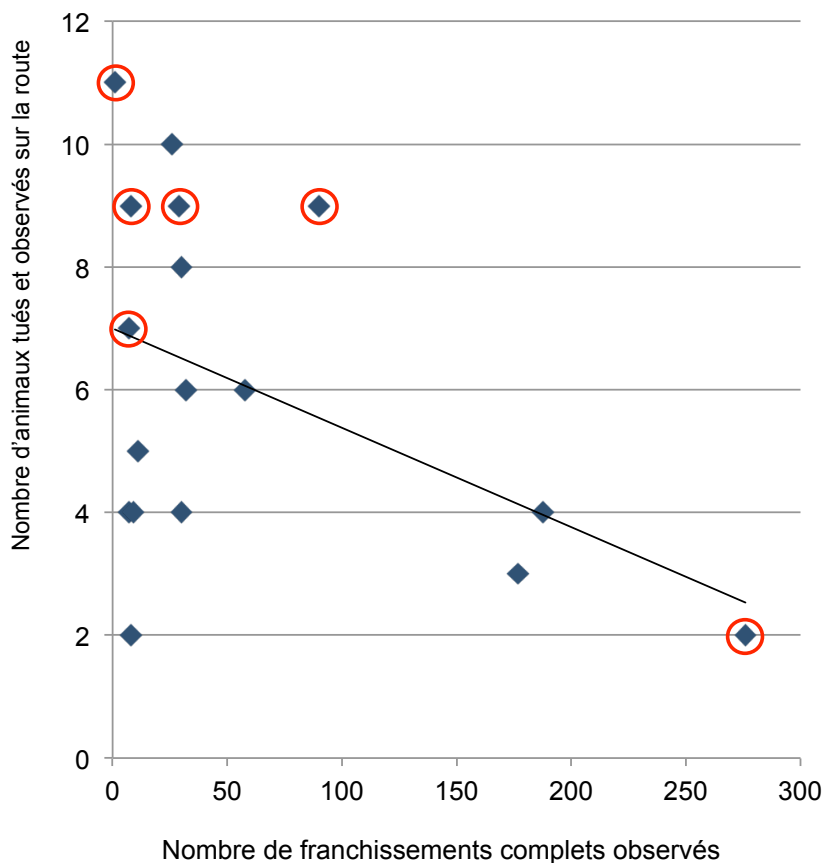
Nous avons également formulé l'hypothèse que la présence d'une ouverture au centre peut engendrer une hausse de la mortalité routière aux environs des passages fauniques. L'analyse des données confirme celle-ci pour toutes les espèces de mammifères confondues de même que les mammifères de taille moyenne ainsi que le porc-épic (Figure 5.23, Tableau 5.13). Cette relation est aussi mise en évidence à la figure 5.24, où les passages fauniques qui comportaient une ouverture sont encerclés en rouge et, en général, l'incidence de la mortalité routière restait plus élevée aux environs de ces passages que les autres passages.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 5.23** Taux moyen de mortalité routière par passage qui comportait ou non une ouverture au centre (nombre d'animaux trouvés morts près des segments clôturés (C) ainsi que des deux extrémités de clôture (EC)), selon le groupe (toutes les espèces confondues, les mammifères de taille moyenne de même que le porc-épic). Les barres représentent plus ou moins une erreur-type. La signification statistique de la présence d'une ouverture se trouve au tableau 5.13. (L'emploi direct d'un test U de Mann-Whitney s'est traduit respectivement par une valeur  $p$  de 0,17 pour toutes les espèces de mammifères, 0,084 pour les mammifères de taille moyenne ainsi que 0,22 pour les porcs-épics)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 5.24** Relation entre le nombre de franchissements complets observés et la mortalité routière (nombre d'animaux trouvés morts près d'un segment clôturé ainsi que des deux extrémités de clôture) pour les mammifères de taille moyenne. Les ouvrages routiers pour la faune qui comportait une ouverture au centre sont mis en évidence par des cercles rouge (inspirée de la figure 5.19)

L'effet engendré par la présence d'une ouverture au centre demeurait statistiquement significatif pour les mammifères de taille moyenne et le porc-épic lorsque l'influence des franchissements complets et du nombre de découvertes était contrôlée dans le cadre du modèle statistique (Tableau 5.13). Cette mesure n'était toutefois pas significative pour toutes les espèces confondues, mais elle allait dans le même le sens, c.-à-d. une mortalité routière plus élevée en présence d'une ouverture au centre. Le nombre de traversées complètes restait toujours statistiquement significatif dans tous les modèles pour ce même groupe ainsi que pour les mammifères de taille moyenne, ce qui a mené à une diminution de la mortalité comme indiqué au tableau 5.12. Quant au nombre de découvertes, il n'atteignait pas le seuil de signification statistique.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

Toutefois, il semblait exercer une influence faiblement positive. Par contre, le type de passage n'avait pas une contribution significative dans aucun des modèles retenus au tableau 5.13. En fait, les valeurs relatives à l'AIC (critère d'information d'Akaike) qui touche le meilleur modèle à utiliser pour les mammifères de taille moyenne de même que pour le porc-épic demeuraient plus faibles que celles retrouvées au tableau 5.12. Celles-ci indiquent donc que la présence d'une ouverture au centre reste un critère pertinent afin d'expliquer le nombre d'animaux trouvés morts sur la route à proximité des passages fauniques. En revanche, aucune amélioration significative au modèle ne s'applique à toutes les espèces confondues.

**Tableau 5.13 Puissance statistique de la relation qui existe entre le nombre d'animaux retrouvés morts près des segments clôturés (C) et des deux extrémités de clôture (EC) et la présence d'une ouverture au centre en contrôlant pour le nombre de franchissements complets, le nombre de découvertes et le type de passage pour chaque groupe (toutes les espèces confondues, les mammifères de taille moyenne et le porc-épic).** (Animaux tués = animaux tués sur la route; découv. = découvertes; franchiss. compl. = franchissements complets; ouverture = présence d'une ouverture au centre; val. ord. à l'origine = valeur ordonnée à l'origine; p/r = par rapport à). Les modèles statistiques sont ordonnés par leurs valeurs relatives à l'AIC. Pour les autres groupes, les valeurs demeuraient trop faibles pour atteindre une inférence statistique. (Annotation et définition des seuils en ce qui regarde la significativité : 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' ' 1; ddl = degrés de liberté; MLG; distribution de Poisson; AIC = critère d'information d'Akaike)

<b>Toutes les espèces confondues :</b>				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl. + Ouverture</b>				AIC = 89,33
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	2,21	0,14	16,02	< 2e-16***
Découv.	0,0001	0,0002	0,49	0,63
Franchiss. compl.	-0,003	0,0014	-2,37	0,018*
Ouverture	0,286	0,21	1,36	0,173
déviance nulle = 31,2 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 16,05 p/r à 13 ddl				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl. + Type de passage</b>				AIC = 91,05
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,85	0,33	5,6	2,06e-8***
Découv.	0,00046	0,00022	2,09	0,037*
Franchiss. compl.	-0,0039	0,0013	-3,09	0,002**
PTBét	0,44	0,31	1,4	0,16
PTBois	0,22	0,25	0,88	0,38
déviance nulle = 31,2 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 15,77 p/r à 12 ddl				



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl. + Ouverture + Type de passage</b>				AIC = 92,5
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,94	0,35	5,5	4,04e-8***
Découv.	0,00029	0,00031	0,94	0,35
Franchiss. compl.	-0,0034	0,0015	-2,32	0,0205*
Ouverture	0,196	0,26	0,75	0,455
PTBét	0,306	0,37	0,84	0,40
PTBois	0,095	0,30	0,31	0,75
déviante nulle = 31,2 p/r à 16 ddl; déviante résiduelle = 15,2 p/r à 11 ddl				
<b>Mammifères de moyenne taille :</b>				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl. + Ouverture</b>				AIC = 78,75
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,72	0,16	10,8	< 2e-16***
Découv.	0,002	0,0015	1,37	0,17
Franchiss. compl.	-0,0085	0,0041	-2,05	0,041*
Ouverture	0,44	0,198	2,24	0,025*
déviante nulle = 22,45 p/r à 16 ddl; déviante résiduelle = 10,36 p/r à 13 ddl				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl. + Ouverture + Type de passage</b>				AIC = 81,53
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,54	0,24	6,32	2,6e-10***
Découv.	0,0026	0,0016	1,58	0,11
Franchiss. compl.	-0,0086	0,0042	-2,09	0,037*
Ouverture	0,47	0,22	2,15	0,031*
PTBét	0,24	0,26	0,95	0,34
PTBois	-0,026	0,31	-0,09	0,93
déviante nulle = 22,45 p/r à 16 ddl; déviante résiduelle = 9,14 p/r à 11 ddl				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl. + Type de passage</b>				AIC = 84,06
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	1,65	0,24	6,8	6,7e-12***
Découv.	0,0026	0,0016	1,64	0,102
Franchiss. compl.	-0,009	0,004	-2,17	0,03*
PTBét	0,303	0,26	1,2	0,24
PTBois	0,25	0,28	0,9	0,36
déviante nulle = 22,45 p/r à 16 ddl; déviante résiduelle = 13,7 p/r à 12 ddl				

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Porc-épic :</b>				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl. + Ouverture + Type de passage</b>				<b>AIC = 76,01</b>
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	0,69	0,37	1,87	0,061 .
Découv.	0,039	0,029	1,37	0,17
Franchiss. compl.	-0,029	0,12	-0,25	0,80
Ouverture	0,72	0,31	2,3	0,022*
PTBét	0,44	0,31	1,43	0,1152
PTBois	-0,23	0,48	-0,49	0,63
déviance nulle = 22,74 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 11,6 p/r à 11 ddl				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl. + Ouverture</b>				<b>AIC = 76,82</b>
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	0,89	0,26	3,36	0,0008***
Découv.	0,04	0,027	1,5	0,14
Franchiss. compl.	-0,007	0,104	-0,07	0,95
Ouverture	0,58	0,29	1,96	0,0503 .
déviance nulle = 22,74 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 16,4 p/r à 13 ddl				
<b>Animaux tués ~ Découv. + Franchiss. compl. + Type de passage</b>				<b>AIC = 79,22</b>
	Estimation	Erreur-type	Valeur z	Valeur p
Val. ord. à l'origine	0,87	0,34	2,54	0,011*
Découv.	0,023	0,026	0,89	0,37
Franchiss. compl.	0,11	0,10	1,05	0,29
PTBét	0,52	0,29	1,75	0,08 .
PTBois	0,20	0,43	0,47	0,64
déviance nulle = 22,74 p/r à 16 ddl; déviance résiduelle = 16,82 p/r à 12 ddl				

En ce qui concerne le porc-épic, le nombre de franchisements complets n'atteignait pas le seuil de signification statistique pour aucun des modèles, probablement parce que ce sont des évènements trop peu nombreux pour cette espèce. En fait, le nombre moyen de traversées complètes (0,6) était 85 % inférieur à celui des mortalités enregistrées aux environs des passages (3,9). Ces résultats démontrent dans l'ensemble que l'incidence de la mortalité routière chez les mammifères de taille moyenne et notamment chez le porc-épic restait beaucoup plus élevée à proximité des passages fauniques ayant une ouverture au centre. Cela indique que certains animaux se déplacent sur la route à partir du terrain-plein central et se font tuer après avoir franchi la moitié du passage faunique. Les clôtures installées le long de l'ouverture au centre reliant les deux entrées des passages ne semblent pas très efficaces. Les

porcs-épics semblent même les escalader ou bien se fauiler dans les ouvertures de leurs maillages.

Nous recommandons donc qu'il n'y ait pas d'ouverture dans le terre-plein central pour un passage faunique si possible et que dans le cas où cela s'avèrerait impossible, il faudrait s'assurer que les clôtures soient bien installées et efficaces pour éviter que les animaux puissent accéder à la chaussée.

### **5.3 Objectif 3 - Perméabilité de la route pour les individus et le flux génétique de part et d'autre de la route pour la martre d'Amérique**

#### **5.3.1 Mouvements des individus**

Les DV de la martre d'Amérique obtenus dans la présente étude peuvent atteindre des dimensions qui se situent dans l'intervalle des valeurs publiées dans la littérature (Ellis 1999, Potvin et al. 2000, Rayfield et al. 2008, Wynne et Sherburne 1984), quoique beaucoup plus petits si l'on compare avec ceux obtenus au Labrador (Smith et Schaefer 2002). Nous ne disposons pas suffisamment de données pour effectuer une comparaison statistique entre les superficies des DV et les sites retenus pour la réalisation de cette étude ou le cycle des saisons. Certains auteurs n'ont pas trouvé de différences significatives entre les domaines vitaux estivaux et hivernaux chez des spécimens de martres d'Amérique (Phillips et coll. 1998, au Maine, É.-U.). Par conséquent, il est plausible de penser que les martres dans nos régions n'affichent pas de variations liées aux saisons.

Notre courte période d'échantillonnage ne fournit pas beaucoup de données à propos du comportement de la traversée de l'axe routier. Jusqu'à présent, nos résultats suggèrent que l'élargissement de la route 175 constitue un obstacle au déplacement de la martre. La plupart des études semblables à la nôtre se sont étalées sur plus de sept ans (Riley et coll. 2006). Notre effort d'échantillonnage était trop court afin de nous aider à tirer des conclusions éclairées se rapportant aux impacts de la route sur la martre d'Amérique. D'autres travaux déjà publiés proposaient même une période plus courte (c.-à-d., Phillips et coll. 1998), mais notre projet s'est heurté également à plusieurs circonstances imprévues qui ont réduit la quantité de données utilisables. Les principales raisons pour lesquelles ces informations devenaient peu fiables : le nombre peu élevé d'individus capturés; la mortalité élevée des martres munies d'un collier, autant par causes naturelles que par l'intervention des trappeurs; la faible durée de vie des piles pour les colliers posés sur les animaux; et, en dernier lieu, le signalement de la présence de blessures conséquemment à un ajustement trop serré du collier qui a rendu les données de ces martres potentiellement peu fiables. Il ne peut

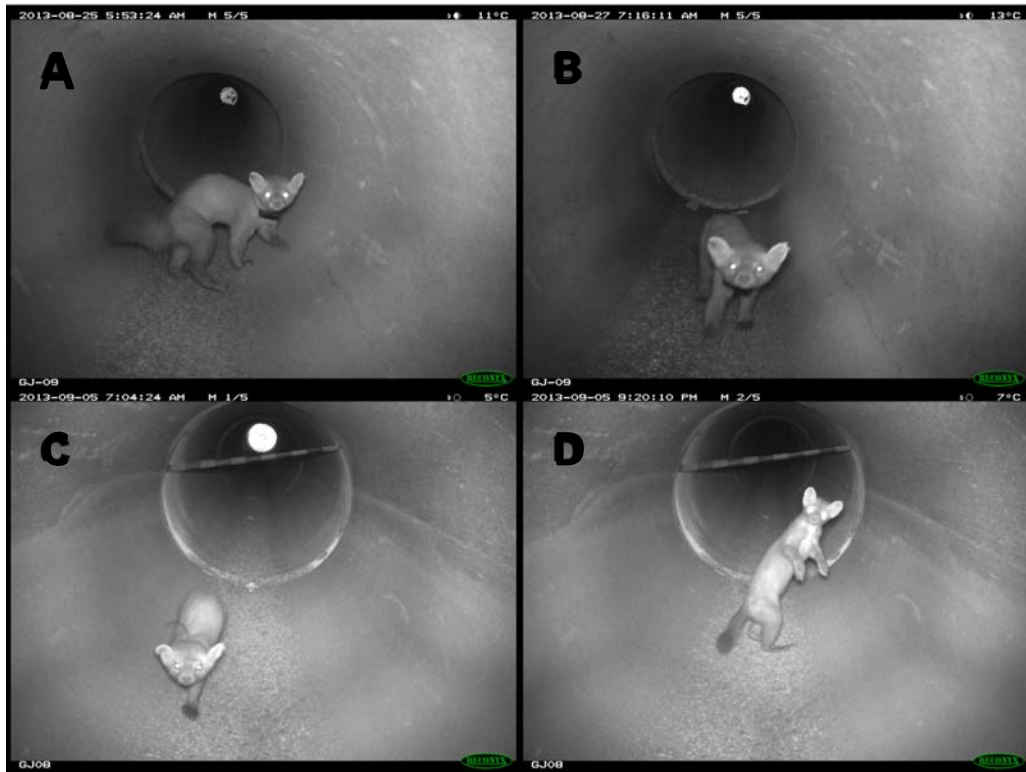
pas être exclu que peut-être la combinaison du piégeage, de l'exploitation forestière (réduction de la qualité de l'habitat) et de la route a déjà diminué la population dans la zone d'influence de la route (ZER), qui pourrait être une raison potentielle du faible succès de capture dans notre étude. Une autre possibilité est que la population fluctue et notre étude a eu lieu pendant une période de faible abondance démographique.

Une autre mise en garde qui ressort de notre étude est le très faible échantillonnage d'individus femelles, soit seulement un avec plus de 20 localisations. Leur faible poids nous a empêché de leur poser un collier. L'échantillon restant était donc constitué essentiellement de mâles et considérant que la martre d'Amérique est une espèce caractérisée par un dimorphisme sexuel marqué qui affecte son comportement (Hodgman et coll. 1994), nous ne pouvons tirer des conclusions appropriées sur les femelles qui étaient présentes sur les deux sites de l'étude. Il a été démontré que les martres femelles occupent des domaines vitaux plus variables que les mâles (Phillips et coll. 1998) et il serait possible que celles-ci soient plus enclines à traverser l'axe routier.

Lors de notre travail sur l'objectif 2, les martres n'ont jamais été observées en train d'utiliser les passages à faune aux abords de la route 175 lors d'un suivi de quatre ans. Cette absence d'utilisation des passages ne signifie pas nécessairement que ces animaux ne franchissaient pas la chaussée, comme plusieurs individus pouvaient traverser la route sans que les observateurs s'en aperçoivent. Elle souligne plutôt l'importance des méthodes que nous avons utilisées (radiotélémétrie, études de CMR et génétique du paysage) afin de corroborer si cette espèce est au moins apte à franchir la route à quatre voies. De plus, la faible proportion des animaux repérés lors de tels déplacements ne constitue pas une preuve d'absence de traversées. La pénurie d'observations suggère plutôt que notre échantillon est très petit et que nous ne sommes pas en mesure de connaître comment la route 175 peut représenter une barrière importante pour la martre d'Amérique, surtout en sachant que des espèces similaires comme la fouine (*Martes foina*) exhibent un large éventail de comportements à l'approche d'une route (Ascensão et coll. 2014).

Nous savons également que l'accoutumance aux passages à faune est essentielle pour certaines espèces afin qu'elles utilisent ces structures conçues par les humains. Il n'y a peut-être pas eu suffisamment de temps pour que ces animaux puissent se familiariser avec ces installations depuis l'achèvement de la route 175 (Bédard et coll. 2012). De plus, si l'on compare avec un axe routier à deux voies (une chaussée) comme la route 381, les martres vivant aux abords utilisent les ponceaux de drainage pour traverser la route (Figure 5.25) même si ces derniers n'ont pas été conçus et installés pour cet usage particulier. Cependant, le fait que ces structures ont été installées depuis plus de 25 ans a permis une accoutumance.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 5.25** Photos de martres d'Amérique utilisant des ponceaux de drainage réguliers le long de la route 381 en 2013. (Photo : Université Concordia)

L'étude de CMR n'a pas été réalisée dans les meilleures conditions puisque nous l'avons réalisée seulement pendant l'été, alors que les traversées des axes routiers des martres peuvent se faire tout au long de l'année. Nous étions en mesure de réaliser ce type d'étude que quelques semaines annuellement. Par conséquent, nous recommandons que cette méthode soit envisagée seulement si aucune autre solution de remplacement n'est disponible, et que les animaux ciblés soient actifs au moment où ils sont étudiés. Les spécimens de martres d'Amérique le sont à longueur d'année (Smith et Schaefer 2002) et des travaux de recherche plus poussés sont nécessaires afin de dresser un véritable portrait de leurs patrons d'activité, de la fréquence comme de la manière dont ils s'y prennent pour traverser les chaussées.

Jusqu'à quel point la stabilité des populations de martres est-elle établie dans l'aire d'étude? Nous en savons peu à ce propos. Le piégeage de ces animaux à

fouurrure est permis aux environs des deux sites choisis dans le cadre de cette étude (p. ex., Camp Mercier, zec des Martres) et associé aux routes 175 et 381. Toutefois, il a été rapporté que les populations de martre d'Amérique ne sont *pas stables* à plusieurs autres endroits en Amérique du Nord (Carlson et coll. 2014, Hodgman et coll. 1994). Il est intéressant de noter que la population de martres d'Amérique dans la RLF n'avait pas été piégée avant 1984 pendant plus d'un siècle (Fortin et Cantin, 2004). Même si cette espèce n'est pas menacée à l'intérieur de notre zone d'étude, nos résultats peuvent aider à élaborer des plans de conservation mieux adaptés aux spécimens vivant dans d'autres régions. Ce qui peut inclure les interactions avec les axes routiers, comme il a été démontré que les routes et autoroutes engendrent des impacts importants sur les populations animales (Fahrig et Rytwinski 2009, Hodgman et coll. 1994).

Le comportement territorial a pour effet de réguler la densité de population chez de nombreux carnivores terrestres (Buskirk et McDonald 1989, Katnik et coll. 1994). Les informations relatives à l'abondance des martres dans une région auraient été d'une grande importance dans le cadre de notre étude. Elles auraient pu autant nous permettre de connaître la proportion de la population qui serait tentée à franchir la chaussée que de voir les animaux être forcés de se rapprocher les uns contre les autres pour que leurs DV se chevauchent (Riley et coll. 2006), en particulier aux abords de la route 175. En anglais, ce dernier phénomène se décrit comme étant : « home range pile-up ».

Le comportement de franchissement routier a été remarqué chez les spécimens de martre d'Amérique et il diffère selon les sites retenus. Ceci indique que les animaux aux abords d'une route à deux voies seraient plus susceptibles de traverser la chaussée. Cette étude manque toutefois de pouvoir explicatif afin d'identifier les facteurs qui limitent les martres à franchir la route 175 (incluant l'utilisation des passages à faune). La disponibilité de ces passages fauniques, les densités de population, la largeur de la chaussée, l'existence d'une ligne médiane, la distance jusqu'à la forêt environnante, le débit routier de même que la durée de la période d'accoutumance des martres à la nouvelle route et aux passages à faune en sont quelques exemples qui peuvent influencer ce comportement. Une étude approfondie de ces facteurs ainsi que de leurs relations avec la probabilité qu'un individu traverse une chaussée revêt une importance capitale pour l'écologie de la route qui s'applique à la martre d'Amérique de cette région.

### **5.3.2 Flux génétique**

Si aucun effet n'est engendré par la route 175 sur la dispersion ou le flux génétique des martres, nous nous attendions à l'une des situations suivantes: a) une panmixie où il y a absence de profil organisé des gènes ou b) un isolement que par la distance, où les différences génétiques augmentent avec

l'éloignement des individus, car ces derniers s'accouplent avec leurs congénères voisins. Si la route influence la dispersion des martres, alors nous nous attendions à un isolement par la résistance : une relation qui existe entre la présence de la route, et un flux de gènes, en plus de la distance euclidienne, dans les endroits de forte résistance aux mouvements, qui gêneraient le flux génétique. La dispersion de même que le flux de gènes s'avèrent des processus importants qui influencent la persistance des populations, car des groupes d'individus isolés génétiquement risquent une dépression de consanguinité et une possible extinction (p. ex., O'Grady et coll. 2006). Ainsi, la compréhension des interactions entre la structure du paysage et le déplacement des animaux s'avère souvent importante pour la conservation des populations animales. Les similitudes qui existent entre les individus échantillonnés sur de nombreux sites géographiques au niveau de leurs loci multi-alléliques peuvent nous renseigner sur le flux génétique maintenu. Des endroits qui sont appariés entre eux, jumelés à quelques allèles en commun, sont censés ne maintenir que très peu de flux de gènes.

Nous nous attendions à ce que la fragmentation de l'habitat limite la capacité des spécimens de martres à se disperser. Ceci entraîne l'ensemble de la population à demeurer génétiquement fragmentée en raison du flux limité de gènes, des effets fondateurs et de la dérive génétique. Nous avons remarqué une relation négative entre l'association génétique et le côté de la route lorsque nous avons pris en compte l'influence de la distance euclidienne. Et ceci, tout en tenant compte de la relation entre deux variables connexes, ce qui suggère un effet de barrière occasionné par l'axe routier 175, mais non quant à l'axe routier 381. Ainsi, nous avons conclu que le flux génétique est influencé par la route 175. Ces résultats nous indiquent que celle-ci constitue un obstacle au déplacement des martres contrairement à la route 381.

Garroway et coll. (2011) ont également, constaté que la densité du réseau routier, l'épaisseur de neige ainsi que le rapprochement dense des rivières ont fait obstacle au flux génétique du pékan (*Martes pennanti*) lors d'une expansion d'aire dans une forêt tempérée au sud de l'Ontario. Cushman et coll. (2011) ont aussi remarqué que le déplacement des martres dans le Wyoming, aux É.-U., était influencé par la disparition et la fragmentation d'habitats en raison de l'exploitation forestière.

L'interprétation des résultats doit aussi tenir compte que la comparaison fût effectuée chez des individus échantillonnés quelque peu rapprochés les uns des autres dans un espace donné, ce qui signifie que des relations entre frères de portée ou bien parents-progénitures peuvent figurer. Le piégeage le long de la route 381 pourrait également avoir un effet. Ces contraintes compliquent l'interprétation, puisqu'il demeure possible que les données puissent indiquer que les animaux à proximité forment des groupes familiaux. La taille de notre échantillon s'avère trop petite afin de pouvoir retirer de l'analyse les effets

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

engendrés par la famille. Quant à la route 175, il se peut que nous ayons échantillonné deux groupes distincts de chaque côté de celle-ci, ce qui donne l'apparence d'un effet de barrière occasionné par l'axe routier. Néanmoins, ce résultat s'avère aussi intéressant, car il devrait indiquer que les groupes familiaux formés par les spécimens de martres se trouvaient séparés par une route à quatre voies comme la 175, mais non par une à deux voies comme la 381.

Il s'avère plausible que la différenciation génétique des spécimens de martres pourrait augmenter dans l'avenir si ces animaux n'utilisent pas les passages fauniques et qu'aucune mesure d'atténuation appropriée n'est mise en place.



## 6. MISE EN ŒUVRE ET RETOMBÉES, BÉNÉFICES POUR LE MTMDET

La plupart des 18 passages fauniques déjà aménagés le long de la route 175 et que nous avons suivis dans le cadre du présent projet d'étude sont utilisés avec succès (franchissement complet) par des animaux qui appartiennent à plus de cinq espèces (Figures 4.23 et 5.14, présentées aux sections 4.2.1 et 5.2.1). De fait, tous les passages fauniques ont été utilisés par au moins une espèce appartenant aux mammifères de petite et moyenne taille. Le nombre moyen d'espèces par passage, pour lesquelles des franchissements complets ont été documentés, s'élevait à 6,3, dont 3,4 espèces de petite taille et 2,9 de taille moyenne. Le nombre moyen d'espèces qui ont visité chaque passage était un peu plus élevé, soit 10,6, dont 4,6 espèces de petite taille et 6,0 de taille moyenne. Concernant le nombre le plus élevé d'espèces fréquentant un passage, il fut noté au km 133 pour un passage faunique de type PS où 11 espèces de mammifères furent détectées, dont 5 espèces de petite taille et 6 de taille moyenne. Il était suivi par un total de 10 espèces observés aux passages aménagés aux km 124 et 125, également de type PS.

Nos données montrent aussi que la mortalité due au trafic diffère parmi les segments de route qui sont clôturés. Elle s'avère moins élevée aux endroits où les passages sont davantage empruntés par la faune. Cette relation entre l'utilisation accrue des passages fauniques et une mortalité routière réduite indique que les passages contribuent à cette réduction et que les clôtures s'avèrent plus efficaces lorsqu'elles sont combinées avec des passages qui sont fortement utilisés. Ce constat semble avoir du sens. En effet, les animaux qui ont l'intention de se déplacer dans une certaine direction à travers la route et qui empruntent un passage faunique ne sont probablement pas très tentés de traverser sur la chaussée.

Ces résultats représentent déjà **une réussite pour les passages fauniques aménagés le long de la route 175** depuis seulement quatre à six ans selon l'année de leur construction. Si l'on tient compte de la faune de petite et de moyenne taille qui les utilise, il s'agit d'une première au Québec. Certains passages fonctionnent mieux que d'autres, soit dans leur degré d'utilisation par la faune ou dans l'effet positif de réduction de la mortalité routière. Ces types d'infrastructure ne fonctionnent pas aussi bien pour toutes les espèces et des améliorations supplémentaires sont souhaitables. Les résultats issus de ce projet apportent une orientation utile à de telles améliorations.

Une vue d'ensemble des recommandations formulées dans ce rapport est présentée au tableau 6.1. Nous les fournissons pour le cas particulier de la route 175. Les résultats et les recommandations ne peuvent pas être appliqués

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

directement à d'autres régions du Québec, mais quelques-uns peuvent être pertinents pour d'autres régions dans le sud du Québec, d'autres régions du Canada et également pour d'autres pays. La route 175 était déjà en place en tant que route à 2 voies (une seule chaussée) avant la réalisation de la présente étude. Cependant, au cours de cette période, les nombres de mortalité routière avec la petite et moyenne faune durant cette période n'ont pas fait l'objet de suivis. Ils ne sont pas connus, de même que l'incidence de la mortalité sur les populations animales avant la réalisation du projet d'étude.

**Tableau 6.1 Vue d'ensemble des recommandations formulées dans ce rapport**

Recommandations
6.1 Types de passage à faune - favoriser les passages de type PS et PTBois plutôt que les passages de type PTBét - utiliser divers types de passages et explorer de nouveaux types de passages
6.2 Favoriser les passages fauniques qui n'ont pas d'ouverture dans le terre-plein central
6.3 Accroître la couverture végétale à proximité des entrées de passages
6.4 Aménager davantage de passages fauniques dans les zones de forte concentration de mortalité routière et à des endroits où la végétation se trouve près de la route
6.5 Installation de clôtures plus longues
6.6 Implanter des normes en ce qui a trait aux mesures d'atténuation associées aux routes
6.7 Une base de données qui porte sur le potentiel de convertir les ponceaux de drainages réguliers en passages fauniques
6.8 Avantages d'une collaboration accrue entre le MTMDET, le MFFP, le MDDELCC et au-delà du Québec
6.9 Avantages d'une sensibilisation accrue au sujet du statut international de la recherche qui porte sur l'écologie des routes, au sein du MTMDET ainsi que de façon plus générale au Québec
6.10 Améliorations de la conception des clôtures
6.11 Étudier l'effet de la longueur des clôtures
6.12 Évaluer à l'échelle des populations l'effet de la mortalité routière et des mesures d'atténuation
6.13 Poursuivre le suivi de l'utilisation des passages fauniques déjà aménagés
6.14 Suivi de l'utilisation des ponceaux de drainage régulier
6.15 Suivi de la mortalité routière et amélioration des estimations des probabilités de détection des animaux tués sur la route et des durées de persistance
6.16 Avantages d'utiliser à bon escient le grand potentiel de la route 175 pour des travaux de recherche

## 6.1 Types de passage à faune

Il est recommandé d'avoir recours à plusieurs types de passage faunique de manière à favoriser l'usage des passages par plusieurs espèces, puisque la préférence varie selon les espèces. Toutefois, les PTBét semblent être systématiquement moins efficaces que les PS ou les PTBois. Par exemple, les PTBét n'ont pas été le premier choix pour aucune espèce dans aucun cas (Tableau 5.8 à la section 5.2.1). Selon les résultats obtenus (sections 4.2.1, 4.2.2 et 5.2.1), il est recommandé de mettre en place autant que possible des passages autres que le type PTBét. Puisque la principale différence entre les passages de type PTBét et les passages de type PTBois touche les matériaux de surface utilisés pour les tablettes, nous suggérons de transformer les PTBét en PTBois en installant des panneaux de bois ou de contreplaqué sur la surface de béton. Dans le cas où cette modification serait faite à certains passages, il serait pertinent de faire un suivi avant et après modification afin de documenter les résultats de cette modification.

Il se peut que des espèces différentes puissent emprunter plus souvent les PTBét à d'autres endroits que la RFL ou que ces derniers soient utilisés plus fréquemment par certaines espèces après des périodes prolongées d'accoutumance (plus que 5 ans). Cependant, d'autres modifications à la surface des tablettes des passages de type PTBét pourraient être apportées pour accroître l'utilisation par la faune, comme la transformation suggérée par Ascensão et coll. (2016) qui recommandent la remise en état des ponceaux et passages inférieurs afin d'améliorer leur attrait et de faciliter leur utilisation par la faune. Des travaux de recherche plus poussés s'imposent afin d'approfondir ces questions.

Même si la comparaison entre les structures de type « PS » et ceux de type « PTBois » s'avère non significative, le nombre de visites et de franchissements complets était toutefois supérieur pour les PS. Cette différence pourrait bien atteindre le seuil de signification statistique lorsque le jeu de données couvrira une plus grande période de temps. Alors que les passages fauniques déjà aménagés de type « PS » et « PTBois » fonctionnent très bien pour certains animaux (vison, belettes, marmotte commune et raton laveur) et moyennement pour l'écureuil roux, ils ne sont pas adaptés pour les autres espèces à l'étude (porc-épic, renard roux, martre d'Amérique et lièvre d'Amérique). Pour plus des instructions plus détaillées, voir la discussion présentée aux sections 5.2.1 et 5.2.2.

Nous proposons donc, en tant que mesure pour les espèces qui empruntent peu ceux déjà en place (porc-épic d'Amérique, renard roux, lièvre d'Amérique, martre d'Amérique, pékan et lynx du Canada), d'envisager de construire d'autres modèles de passages fauniques qui fonctionneraient mieux. Par exemple, un type distinct de structure pourrait être mieux adapté aux porcs-

épics que ceux déjà aménagés. Il pourrait ainsi contribuer à réduire la mortalité routière de cette espèce si les passages de ce type sont mis en place avec des clôtures plus efficaces. Ces animaux sont considérés comme des herbivores généralistes qui utilisent divers espaces vides existants comme tanières durant l'hiver puis parfois l'été, y compris les cavités rocheuses, les souches d'arbres et creux des troncs ainsi que les ponceaux (Morin et coll. 2005). En conséquence, il s'avère raisonnable de s'attendre à ce que ceux-ci empruntent les passages inférieurs beaucoup plus qu'observés lors de notre étude.

La sélection d'autres modèles de structure destinés à la faune peut reposer sur une revue de littérature des résultats obtenus sur l'utilisation des passages par ces espèces dans d'autres provinces et d'autres pays. Des exemples de type de passages sont fournis dans le guide européen « *Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: COST 341* » (luell et al. 2003: pp. 32-38) », dans le guide technique français « *Aménagements et mesures pour la petite faune* » (Carsignol et al. 2005: pp. 102-127), dans le document technique d'Espagne « *Technical Prescriptions for Wildlife Crossing and Fence Design* » (Ministry of Agriculture, Food and the Environment 2016, 2nd edition revised and expanded) et dans le guide « *Wildlife Crossing Structure Handbook* » (Clevenger and Huijser 2011) montrant photos et croquis, de même que des références à diverses publications internationales (voir section 5.2.3 pour plus d'information). Une future étude pourrait déterminer si ces autres modèles de passages fauniques offrent aussi un meilleur rendement au Québec. Il est également possible que certaines de ces espèces empruntent plus souvent les passages inférieurs et supérieurs destinés à la grande faune que ceux déjà en place pour la petite faune.

Selon les résultats de notre étude, les constats suivants ont été réalisés:

Un passage avec un ratio **d'ouverture plus élevé** devrait augmenter son utilisation pour plusieurs espèces, mais cette situation ne s'applique pas à toutes. Ainsi, des passages fauniques ayant des ratios d'ouvertures plus élevés sont recommandés aux emplacements où il s'avère possible de les construire, mais certains modèles avec de faibles ratios d'ouverture aident néanmoins des espèces qui préfèrent les espaces plus restreints.

**Éviter l'éclairage des voies publiques** au voisinage des passages fauniques peut accroître les découvertes par les animaux (voir sections 4.2.2 et 5.2.2).

Nous ne croyons pas qu'un passage supérieur s'impose à l'heure actuelle pour ces espèces, mais plusieurs animaux de taille moyenne risquent de tirer avantage de sa présence.

Cette recommandation concerne la route 175 et elle s'avère également pertinente pour d'autres régions du Québec.

## **6.2 Favoriser les passages fauniques qui n'ont pas d'ouverture dans le terre-plein central**

Des facteurs autres que le type de passage peuvent influencer la découverte ainsi que l'utilisation de ce dernier par les animaux. Ils devraient alors être pris en considération pour la conception des passages à faune étant donné que le type de passage n'apparaît pas, selon une analyse statistique multidimensionnelle, avoir démontré une forte influence pour certaines espèces (voir à la section 5.2.2). La présence d'une ouverture dans le terre-plein central (c.-à-d. un passage faunique composé de deux sections de ponceau) réduit notamment la probabilité d'un franchissement complet du passage une fois qu'il est découvert. Nos résultats démontrent que la mortalité routière des mammifères de moyenne taille, en particulier celle du porc-épic, s'avère beaucoup plus élevée près des passages fauniques qui comportent une telle situation. Ils indiquent donc que certains animaux accèdent à l'une des deux chaussées à partir de l'ouverture du passage dans le terre-plein central pour ensuite être victime d'une collision sur la chaussée après avoir franchi la moitié de la distance du passage. En fonction des régressions linéaires multiples, les passages fauniques localisés au km 80 (PTBét), au km 110 (PTBét), au km 89,5 (PTBois), au km 83 (PS) ainsi qu'au km 133 (PS) affichent à proximité un nombre de mortalités routières inférieur au nombre prédit uniquement par le nombre de découvertes et de franchissements complets. Tous ces passages ne comportent pas d'ouverture dans le terre-plein central. Quant à ceux situés au km 96 (PTBét), au km 98 (PTBét), au km 104 (PTBét), au km 142 (PTBét) ainsi qu'au km 89 (PTBois), ils présentent un plus grand nombre de mortalités que celui prédit par le nombre de découvertes et de franchissements. Trois de ces passages fauniques comportent une ouverture dans le terre-plein central, tandis que deux n'en ont pas.

Par conséquent, nous recommandons que des passages faits d'une section entière et sans ouverture au centre soient installés autant que possible. Dans le cas de passages dont la mise en place du passage en deux sections distinctes ne peut être évitée, la mise en place de clôtures entre les deux sections devra être améliorée (voir recommandation 6.10).

L'information recueillie nous indique que les passages qui fonctionnent le mieux affichent une mortalité routière moindre et le plus souvent ne comportent pas d'ouverture dans le terre-plein central. Cependant, quelques exceptions existent car un passage faunique qui comporte une telle ouverture peut parfois très bien fonctionner. Un exemple digne de mention concerne l'ouvrage routier localisé au km 143,5. Ce dernier s'est avéré le plus utilisé de tous (voir au tableau 5.11 et à la figure 5.24 de la section 5.2.3). Cette exception signifie qu'un passage peut quelquefois rester efficace même s'il comporte une ouverture dans le terre-plein central.

Cette recommandation concerne la route 175 et elle s'avère également pertinente pour d'autres régions du Québec.

### **6.3 Accroître la couverture végétale à proximité des entrées de passages**

Nous recommandons de diminuer le plus possible les distances entre le couvert végétal arbustif et/ou arborescent et les entrées de passages en favorisant l'implantation de la végétation. Bien que notre échantillon soit trop faible pour atteindre le seuil de signification statistique, nos données indiquent que la distance qui sépare le passage du couvert forestier adjacent peut générer un effet négatif. Celui-ci peut toucher à la fois à la découverte comme à l'utilisation des passages fauniques par les espèces qui évitent les milieux ouverts, comme indiqué par le sens prédit pour ces relations observées (aux sections 4.2.2, 4.2.3 et 5.2.2). Cette distance entre le couvert forestier adjacent et les entrées de passages était négativement reliée aux nombres des découvertes comme des franchissements complets, sauf pour la marmotte commune, ainsi que les micromammifères (c.-à-d. dans le sens prévu et en accord avec la littérature scientifique). En conséquence, un accroissement du couvert végétal arbustif et arborescent entre la forêt et les entrées de passages s'avère souhaitable parce qu'il devrait augmenter la découverte ainsi que l'utilisation de ceux-ci par les espèces qui évitent les milieux ouverts. Cette amélioration est en accord avec les recommandations de la littérature à ce sujet.

Ce n'est pas possible de déterminer la distance maximale requise car les distances observées dans la présente étude demeurent très élevées. En effet, nous ne disposons pas de distances variées entre l'entrée des passages et la forêt. Par conséquent, nous recommandons que cette distance soit nulle ou la plus faible possible. Cette recommandation est en accord avec la littérature internationale disponible sur le sujet. Par exemple, le guide technique d'Espagne "*Technical Prescriptions for Wildlife Crossing and Fence Design*" indique que la végétation riveraine le long des cours d'eau qui mènent à des passages fauniques devrait être préservée ou restaurée si elle a été enlevée pour maintenir la continuité du couvert végétal à l'entrée des passages (Ministry of Agriculture, Food and the Environment 2016, p. 77). Par conséquent, des passages fauniques supplémentaires (en combinaison avec des clôtures) devraient de préférence être mis en place à des endroits où la forêt est proche de la route (voir la recommandation 6.4). Lors de projets de construction de routes ou de nouveaux tronçons routiers, les secteurs entourant les entrées de passages fauniques ne devraient pas être déboisés. Le surveillant des travaux devrait baliser les arbres ou arbustes à conserver intacts. La préservation du couvert forestier existant aux abords des passages en phase construction serait

plus efficace que de procéder au rétablissement du couvert forestier une fois la construction de la route et du passage faunique terminée.

Selon la littérature, les martres évitent de franchir les milieux ouverts. Par conséquent, nous recommandons de raccourcir la distance qui sépare la forêt des entrées de passages, car cette mesure réduirait la taille des milieux ouverts présents dans leur habitat. L'utilisation par les martres de ces infrastructures en sera facilitée. Les martres ont tendance à courir très vite lorsqu'ils franchissent des milieux ouverts. Dans les rares cas où elles traversent des milieux ouverts le long de la route 175, elles le font directement la chaussée selon l'axe le plus court qu'elles perçoivent. Si elles ne s'approchent pas suffisamment des passages, elles ne pourront jamais découvrir les entrées de ces derniers. La découverte des passages par les martres peut augmenter avec la présence d'un couvert végétal plus dense entre le milieu forestier adjacent et les ouvertures aux passages fauniques.

#### **6.4 Aménager davantage de passages fauniques dans les zones de concentration de mortalité routières et à des endroits où la végétation se trouve près de la route**

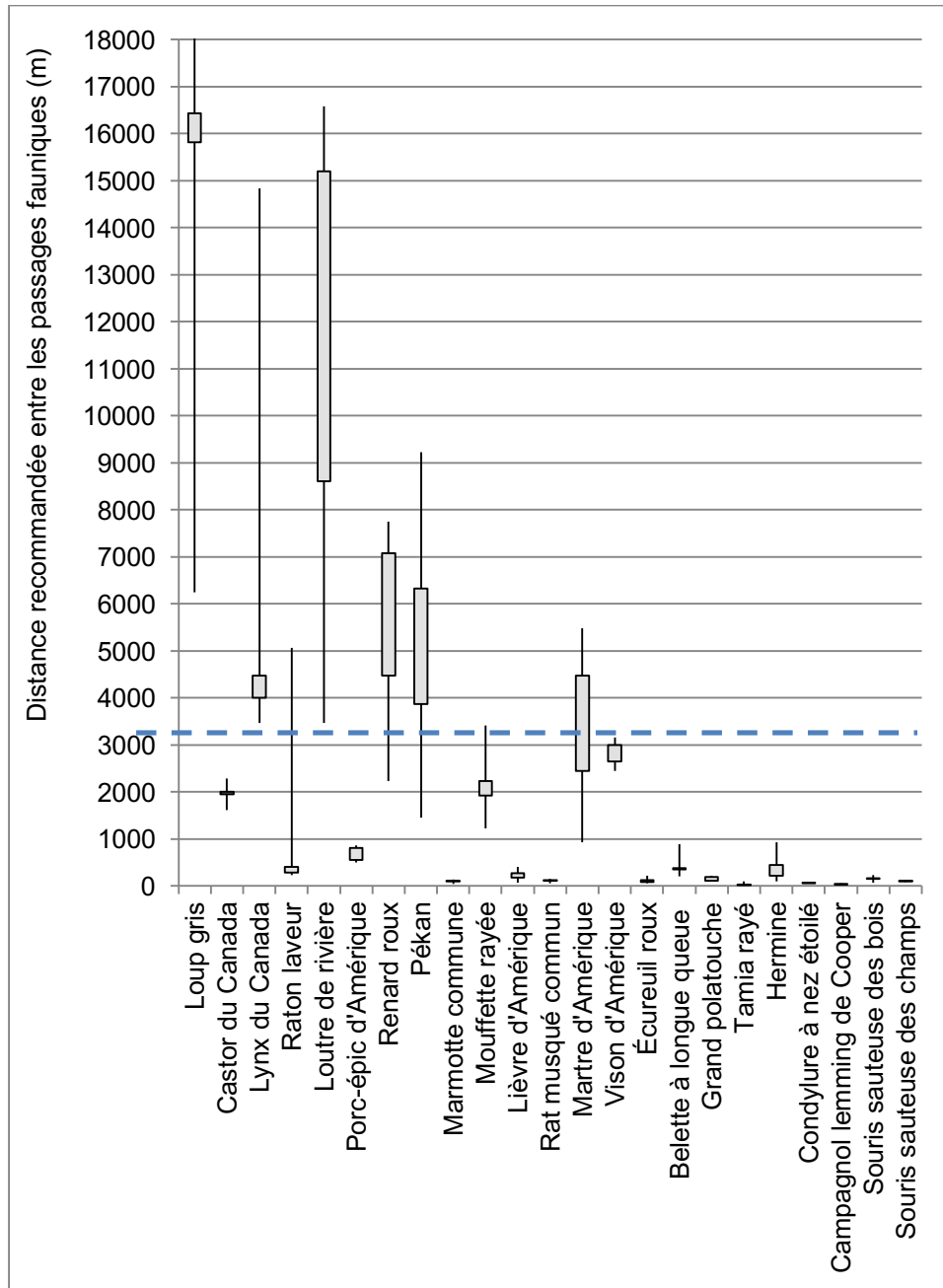
Nous recommandons d'accroître le nombre de passages fauniques le long de la route 175. Quant à savoir combien d'entre eux seraient requis, des études qui portent sur les répercussions de la route et des mesures d'atténuation à l'échelle de la population s'avèreraient nécessaires (voir la recommandation 6.12). Cette question dépasse la portée de la présente étude. Afin de traiter de cette question quant à savoir combien de ces structures devraient être construites, Rytwinski et coll. (2015) ont proposé un modèle d'étude expérimentale (voir la question 2 de leur article).

Les animaux ne savent pas (et ils ne peuvent être éduqués à ce propos) dans quelle mesure la traversée de la route est réellement nécessaire pour leur propre survie et leur état de santé ou pour la population ou s'ils peuvent simplement demeurer toujours du même côté. Les déplacements sont un comportement naturel chez la faune. Ceux-ci sont menés par l'instinct et l'envie de traverser la chaussée peut être facilitée par la présence de clôtures (pour prévenir la mortalité routière) combinées à des passages fauniques disposés à une fréquence permettant à la faune de les trouver à l'intérieur d'une distance « raisonnable ». La règle de mise à l'échelle isométrique s'avère une approche bien connue afin de déterminer quelles seront les distances qui peuvent être jugées « raisonnables ». Elle propose que ces dernières doivent se trouver dans l'ordre de grandeur du diamètre moyen du domaine vital pour une espèce donnée. Bissonette et Adair (2008) ont mis au point cette approche destinée aux espèces qui vivent en Amérique du Nord. Ils proposent de se servir de

distances déterminées par isométrie afin de prévoir la localisation des structures de franchissement. Cette approche est appuyée par les développements récents en allométrie qui permettent d'établir un lien entre la superficie d'un domaine vital et les variables liées aux déplacements à la fois quotidiens que sur de longues distances tels que les mouvements migratoires et de dispersion (Bowman et coll. 2002, Bissonette et Adair 2008). En conséquence, Bissonette et Adair (2008) ont fait valoir que les passages fauniques devraient s'avérer disponibles à une distance équivalente à la racine carrée de la taille du domaine vital ( $\sqrt{HR}$ ). Cependant, ces auteurs ajoutent que « même si les localisations des passages correspondent au double ou au triple des distances déterminées par isométrie, les structures peuvent être efficaces si elles sont placées à des endroits où la faune traverse naturellement la chaussée » (Bissonette et Adair 2008, p. 486). Relativement aux mammifères de petite et de moyenne taille, elles devraient être comprises entre 70 m pour le condylure à nez étoilé (domaine vital de 0,5 ha), 390 m pour la belette à longue queue (15 ha), 700 m pour le porc-épic d'Amérique (0,5 km<sup>2</sup>), 2 800 m pour le vison d'Amérique (8 km<sup>2</sup>), 7 700 m pour le renard roux (60 km<sup>2</sup>) ainsi que 12 250 m pour la loutre de rivière (150 km<sup>2</sup>) (Figures 6.1 et 6.2). Dans la RFL, 33 passages fauniques destinés aux mammifères de petite et de moyenne taille sont maintenant aménagés sur un tronçon de route de 84 km (entre les balises du km 60 et du km 144), ce qui correspond à une distance moyenne de 2 545 m ou de 2 333 m si les trois structures pour la grande faune sont comprises (Bédard et coll. 2012). Ce dispositif constituerait une densité suffisante pour des animaux qui occupent des domaines vitaux de superficie supérieure à 5,4 km<sup>2</sup>, selon la règle de mise à l'échelle isométrique mise au point par Bissonette et Adair (2008). Ainsi, la recommandation de Bissonette et Adair (2008) est satisfaite pour neuf espèces (p. ex., lynx du Canada, loutre de rivière et renard roux) avec les distances moyennes actuelles qui séparent les passages fauniques (Figure 6.1). Cependant, elles ne satisfont pas celles associées à 12 autres espèces, telles que le porc-épic d'Amérique, le lièvre d'Amérique, l'écureuil roux et la belette à longue queue (Figure 6.2). En revanche, la distance moyenne s'avère par contre supérieure entre les km 75,5 et 143,5 de la route 175. Elle s'élève à 3,2 km, où 18 passages destinés aux mammifères de petite et de moyenne taille ainsi que 3 autres pour la grande faune sont aménagés le long de ce tronçon de 68 km, puisque les 15 ouvrages routiers supplémentaires sont localisés plus au sud.



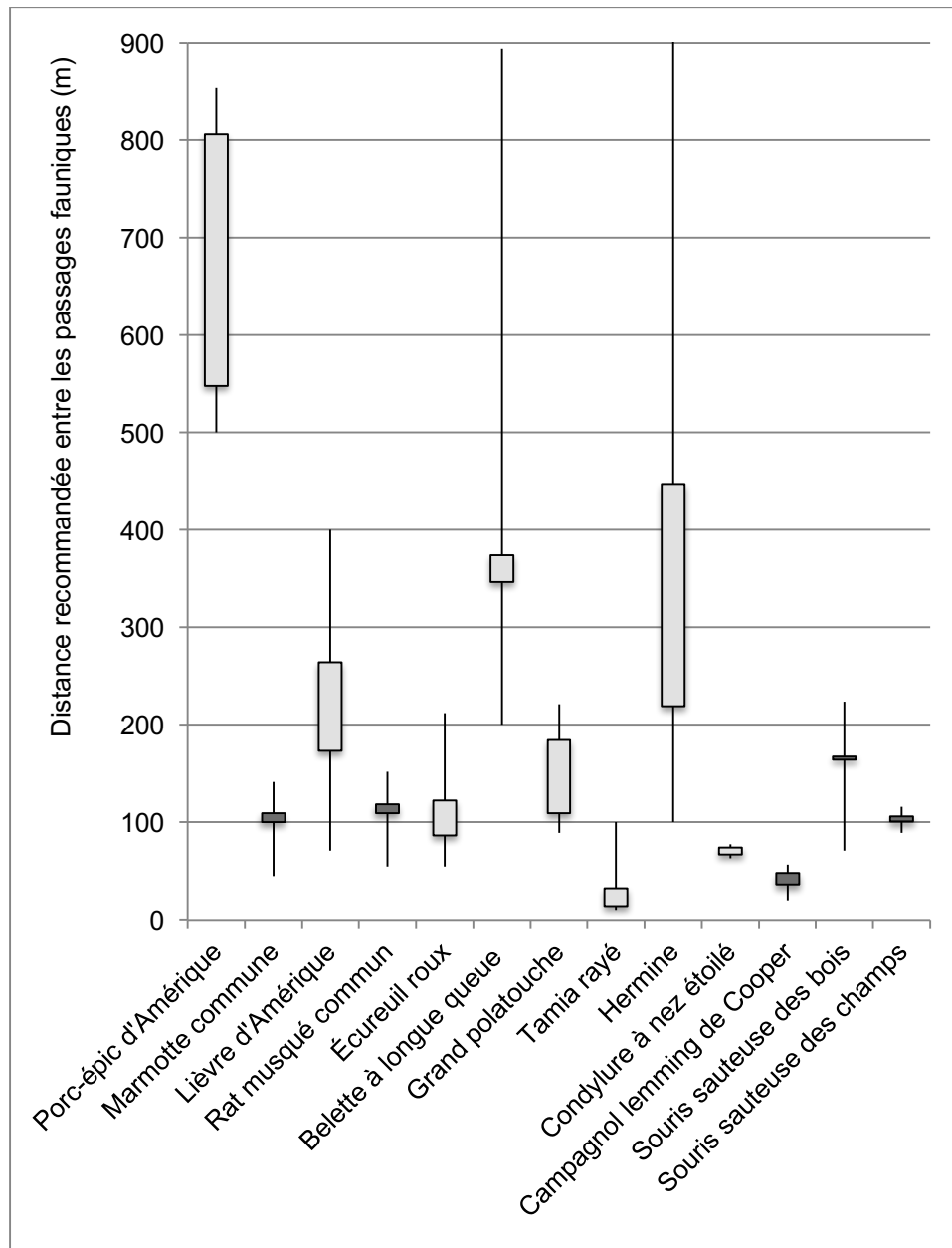
**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**Figure 6.1** Distance recommandée entre les passages fauniques aménagés le long des routes, selon la règle de mise à l'échelle isométrique mise au point par Bissonette et Adair (2008), laquelle est basée sur les dimensions du domaine vital. Les barres représentent la variabilité quant aux estimations de la taille des domaines vitaux (à l'aide des données qui figurent dans la littérature). La ligne pointillée (en bleu) correspond à la distance moyenne actuelle des passages aménagés le long de la route 175 (3200 m entre les km 75,5 et 143,5). Uniquement ont

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

été incluses les espèces pour lesquelles, selon le tableau 5.3 et la figure 5.2, des répercussions négatives associées aux routes s'avèrent probables ou possibles, c.-à-d. que les IP se trouvent tout à fait au-dessous de 0 ou chevauchent avec 0. L'intervalle qui comprend les distances de 0 à 900 m est détaillé ci-dessous à la figure 6.2.



**Figure 6.2** Distance recommandée entre les passages fauniques aménagés le long des routes, selon la règle de mise à l'échelle isométrique mise au point par Bissonette et Adair (2008), pour l'intervalle qui inclut

**les distances qui varient de 0 à 900 m.** La distance moyenne actuelle qui sépare les passages aménagés le long de la route 175 est de 3 200 m entre les km 75,5 et 143,5.

Des expériences vécues et des recommandations émises par d'autres pays peuvent également s'avérer utiles, p. ex., des renseignements tirés de la littérature en provenance d'Espagne, de France et de la Suisse, malgré le fait que les paysages de ces pays sont plus fragmentés que ceux de la RFL. En Espagne, le guide technique "*Technical Prescriptions for Wildlife Crossing and Fence Design*" (2016) recommande une distance maximale de 500 m entre les passages fauniques pour les petits vertébrés dans les milieux forestiers et les autres habitats d'importance et de 1 km dans les habitats transformés par l'activité humaine (Fig. 6.3, voir A6.1 pour plus de d'information).

En France, Carsignol et coll. (2005) ont recommandé que la distance entre les passages pour la faune de petite et de moyenne taille soit fixée à 300 m (Figure 6.4). Celle-ci est en accord avec les distances recommandées pour les espèces présentées à la figure 6.2. Après 40 ans de mise en valeur des passages fauniques en France, Carsignol (2006, p. 51) a affirmé : « *La question du nombre de passages à prévoir est également délicate et varie selon que l'on s'adresse aux espèces à grand rayon d'action ou à des espèces moins mobiles. Pour la petite faune, une possibilité de passage tous les 300 m voir moins peut être recommandé en fonction de la vulnérabilité de l'espèce et du site notamment. Le projet global doit également tenir compte des ouvrages agricoles, forestiers ou hydrauliques assez bien utilisés par la petite faune. Pour la grande faune, en milieu boisé ou dans des secteurs à forte diversité, une possibilité de passage doit être assurée tous les 2 km. C'est un objectif contraignant mais réaliste si l'on tient compte des ouvrages forestiers et hydrauliques indispensables et qui peuvent - pour un surcoût acceptable – être transformés en passage mixte (+ 20 % environ).* »

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Table 3.1. Wildlife crossing densities proposed for different habitats and reference groups (see Section 3.5, criterion 3). These densities are for indicative purposes, and their exact location must be defined by adjusting it as closely as possible to the location of the habitats and the regular routes of the reference species, the sectors of importance for connectivity and any linear landscape elements (valley floors, river banks, ecotones, etc.) that can funnel fauna movements.

Habitat types	Minimum crossing densities for different fauna groups	
	Large mammal crossings	Small vertebrate crossings
Forests and other habitat types of importance for the conservation of ecological connectivity	1 crossing per km	1 crossing per 500 m
Habitats transformed by human activity (including areas containing crops, plantations or peri-urban structures)	1 crossing per 3 km	1 crossing per km



**Figure 6.3** Densités recommandées pour les ouvrages de franchissement aménagés destinés à la faune de petite et de moyenne taille en Espagne. (Source: Ministry of Agriculture, Food and the Environment 2016, disponible en espagnol (à la gauche) et anglais (à la droite))

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 6.4** Illustration comparative de la distance recommandée qui sépare les ouvrages de franchissement aménagés en France et destinés à la faune de petite et de moyenne taille (300 m environ). Les numéros 1 à 6 font référence aux six types d'ouvrages routiers qui sont utilisés par la petite et moyenne faune (comme l'explique en détail le guide intitulé « Aménagements et mesures pour la petite faune » qui est signé par Carsignol et coll. 2005). (Source : Carsignol et coll. 2005, il est disponible en français (à la gauche) et en anglais (à la droite))

Nos résultats supposent que la mortalité routière s'avère inférieure près des tronçons pourvus de clôtures et pour lesquels les passages fauniques sont empruntés plus souvent par les animaux, par opposition aux autres dont les clôtures sont aussi présentes, mais que les passages à faune sont utilisés moins souvent (section 5.2.3). En conséquence, il s'avère raisonnable de penser que la mortalité associée aux routes soit la plus élevée dans les tronçons dont les passages ne sont pas utilisés du tout, car cette situation équivaut à un segment clôturé dépourvu d'un passage faunique. Au moment de notre étude, tous les passages étaient empruntés par la faune au moins jusqu'à un certain degré. Ces observations sont cohérentes avec celles de travaux qui proviennent de la littérature et qui démontrent que les animaux risquent de passer à travers les clôtures si des possibilités de franchir de façon sécuritaire ne leur sont pas fournies. Une recommandation commune tirée de toutes ces études vise à proposer de mettre en place des clôtures destinées à la faune en combinaison avec des structures de franchissement (Huijser et coll. 2007).

Beaucoup de ponceaux de drainage réguliers peuvent être transformés en passages fauniques s'ils s'avèrent suffisamment grands. Autrement, ils devront être élargis par une remise en état qui nécessitera l'usage de tablettes en bois. Cette mesure demeure conforme aux recommandations présentées dans la littérature. Par exemple, Ascensão et coll. (2016) recommandent la remise en état des ponceaux et des passages inférieurs afin d'améliorer leur attrait de même que de rendre leur utilisation plus facile. De plus, ils proposent de laisser des bandes de terrain en bordure des routes pour lesquelles aucune coupe de végétation ne sera effectuée afin de faciliter l'établissement et les déplacements par les micromammifères. La remise en état des ponceaux et des passages inférieurs devrait idéalement être entreprise dans des secteurs où les abords routiers sont constitués d'une végétation arrivée à maturité, car ils procurent des habitats et des corridors biologiques pour ces mêmes animaux (Ascensão et coll. 2012, Ruiz-Capillas 2013, Encarnação et Becker 2015). Cette recommandation est aussi appuyée par les résultats de notre analyse statistique des variables ou paramètres influençant la localisation des mortalités routières (sections 4.1.1 et 5.1.2). En effet, les endroits dont le terre-plein central est pourvu d'un couvert végétal et que la distance à la forêt est faible sont plus propices à la mise en place de passages fauniques (et clôtures) que d'autres endroits. L'influence de la distance à un milieu aquatique sur le risque de mortalité semble différer entre les espèces. Par conséquent, il est préférable d'identifier les zones de concentration (« hotspot ») de mortalités routières pour établir les localisations des passages fauniques plutôt que de considérer la distance à des milieux aquatiques.

Afin de réduire la mortalité de la faune associée à la proximité de la forêt, Barthelme (2014) ainsi que Gunson et coll. (2011) ont proposé l'idée d'éliminer le couvert forestier près de la chaussée dans le but de créer un environnement inhospitalier pour des espèces cibles. Toutefois, les distances qui séparent la route 175 des milieux forestiers adjacents s'avèrent déjà assez importantes qu'une coupe supplémentaire du couvert forestier risque d'augmenter davantage l'effet de barrière de l'axe routier (Rondinini et Doncaster 2002; Shepard et coll. 2008). Ce compromis entre les interventions d'aménagement afin de réduire la mortalité routière et le fait d'entretenir la perméabilité de la route s'avère une situation fréquemment rencontrée. Une meilleure option consisterait à garder le couvert forestier et à installer des clôtures d'exclusion ainsi qu'aménager des passages fauniques. Celui-ci servirait alors comme un sentier naturel aux emplacements où les animaux peuvent alors traverser la chaussée en toute sécurité. Par conséquent, nous recommandons de **mettre en place des passages à faune et d'installer des clôtures** aux endroits où la lisière de la forêt se trouve à proximité de la route. C'est à ces endroits que la faune semble la plus encline à traverser la chaussée et que la mortalité tend justement à s'accroître (comme nos résultats obtenus en ce qui a trait à l'objectif 1 le démontrent). Nous recommandons d'installer des clôtures aux emplacements où le terre-plein central est végétalisé, de préférence en combinaison avec plusieurs passages fauniques (et de faire un suivi de la fréquentation). En effet, ces sites semblent également attractifs pour la faune qui tente de franchir la chaussée. Il serait utile d'avoir en alternance des tronçons de route qui, (1) sont pourvus de passages fauniques et de clôtures et dont le terre-plein central dispose d'un couvert végétal et que la distance à la forêt est courte et (2) sont dépourvus de passages fauniques et de clôtures et dont le terre-plein central est dénudé de couverture végétale (ou éliminé pour réduire le risque de collisions avec la faune) et que la bordure forestière soit située à une grande distance. Dans les futurs projets routiers, la végétation devrait être protégée lors des travaux préparatoires d'arpentage et de déboisement afin de maintenir le couvert végétal aux endroits où les passages fauniques seront installés. Par conséquent, les sites de mise en place des passages doivent être déterminés tôt dans la planification du projet routier et le déboisement ne devrait pas commencer avant que la localisation des futurs passages fauniques ne soit déterminée et connue. La préservation du couvert forestier aux entrées des passages va faciliter la découverte et réduire le temps requis pour s'habituer à les fréquenter.

Par exemple, les martres peuvent être disposées à les utiliser si la distance pour atteindre le couvert forestier demeure courte et que le passage faunique ne s'avère pas trop long. Cette hypothèse est appuyée par le fait que nous

avons observé ces animaux à l'intérieur de certains ponceaux de drainage réguliers aménagés le long de la route 381, un axe routier à deux voies (voir à l'objectif 3). Des martres, comme des pékans, ont aussi été aperçues à emprunter ces ouvrages destinés à la faune dans d'autres pays (tel que rapporté dans la littérature). Ces observations donnent à penser qu'elles ne semblent pas les éviter le long de la route 175, mais qu'elles évitent plutôt les milieux ouverts entre la forêt et les entrées de passages. On s'attendrait à ce que la préservation du couvert forestier original près des passages fauniques durant la construction de la route soit plus efficace que de tenter de rebâtir le couvert forestier après le déboisement et la construction de la route.

Considérant ces éléments et la distance isométrique de 700 m pour le porc-épic en particulier, nous recommandons que la distance entre les passages fauniques soit de 1 500 m pour la RFL, malgré le fait que la distance recommandée par la littérature et par d'autres gouvernements soit même plus courte.

Cette recommandation concerne la route 175 et elle peut s'avérer également pertinente pour d'autres régions du Québec.

## **6.5 Installation de clôtures plus longues à considérer**

L'installation de clôtures de chaque côté des entrées et sorties des passages fauniques était un pas très important dans la bonne direction. Les clôtures déjà en place pour les mammifères de moyenne taille guident en effet certains animaux vers les passages fauniques, et sans elles, la mortalité routière associée à ces segments de route serait très certainement plus élevée. Pour que cette disposition demeure bénéfique, nous recommandons un bon entretien des clôtures déjà en place. En ce qui concerne l'entretien des clôtures, le "*Wildlife Crossing Structure Handbook*" stipule que : « Les clôtures doivent être vérifiées tous les 6 mois en parcourant la ligne de clôture entière, en identifiant les lacunes, les ruptures et autres défauts causés par des événements naturels et non naturels » (Clevenger et Huijser 2011, p. 182). Cependant, les clôtures actuelles destinées à la faune de taille moyenne ne semblent pas réduire la mortalité routière lorsqu'on compare les segments clôturés aux segments non clôturés le long de la route 175, la mortalité étant beaucoup plus importante aux extrémités des clôtures. Cela signifie qu'elles sont trop courtes pour décourager les animaux de les longer sur toute leur longueur et de traverser la route. Par conséquent, afin de réduire la mortalité routière en dessous du taux moyen actuel des segments non clôturés le long de la route 175, les clôtures devraient être allongées. La longueur minimale requise est inconnue à ce jour (mais voir la conjecture approximative à la section 5.1.6). Une évaluation de la longueur requise demeure spéculative car toutes les clôtures installées aux abords de la



route 175 sont de même longueur. Cette situation ne permet donc pas de comparer l'efficacité de différentes longueurs. Une étude approfondie qui porte sur l'effet de la longueur des clôtures serait nécessaire afin d'obtenir une réponse plus fiable (comme proposé à la recommandation 6.11). Les valeurs estimées s'avèrent utiles afin d'orienter la recherche proposée sur les effets de la longueur des clôtures (voir la recommandation 6.11). Si une occasion se présente d'aménager de nouveaux passages fauniques, nous recommandons que des clôtures qui s'avèrent significativement plus longues que 100 m puissent être installées de chaque côté du passage. Leur longueur devrait dépendre du type d'habitat, de la topographie du terrain ainsi que de la présence (et de l'ampleur) des points chauds relatifs à la mortalité routière. Nous suggérons 5 options à envisager (elles correspondent aux options A à E abordées ci-après).

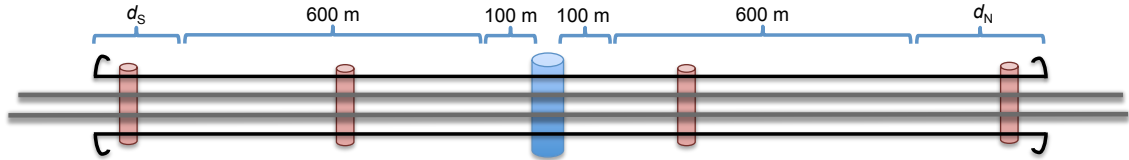
Notre étude fournit des données de référence recueillies depuis 4 ans sur les mammifères de petite et de moyenne taille. Elle apparaît comme une opportunité qui ne se présente que très rarement. De plus, elle offre une excellente occasion pour étudier l'influence des modifications apportées à la conception et à la longueur des clôtures (voir aussi les recommandations 6.10 et 6.11).

Beaucoup d'animaux sont tués sur des segments de route éloignés des passages à faune existants qui ne seraient probablement pas clôturés même si les clôtures existantes seraient prolongées. Idéalement, les clôtures devraient s'étendre à la totalité de la route, mais une couverture partielle de clôtures peut suffire selon Ascensão et coll. (2013). Par conséquent, nous proposons que des clôtures soient installées dans les zones de concentration de mortalité routière le long de la route 175. Dans plusieurs cas, ces zones correspondent aux extrémités des sections clôturées actuellement. Nous avons observé l'utilisation de ponceaux de drainage réguliers par plusieurs espèces grâce à l'emploi de quelques caméras de surveillance le long des routes 175 et 381. La solution pour régler les problèmes de concentration de mortalités aux extrémités de clôtures serait de prolonger les clôtures jusqu'au prochain ponceau de drainage régulier. Nous présumons que beaucoup d'animaux vont suivre la clôture et puis utiliser le ponceau régulier pour traverser les chaussées plutôt que de traverser sur la chaussée. Nous proposons ainsi l'examen de 5 options :

**Option A:** Prolongement de toutes les clôtures à petite faune associées aux passages fauniques sur une certaine distance (p. ex. 2 km de chaque côté)

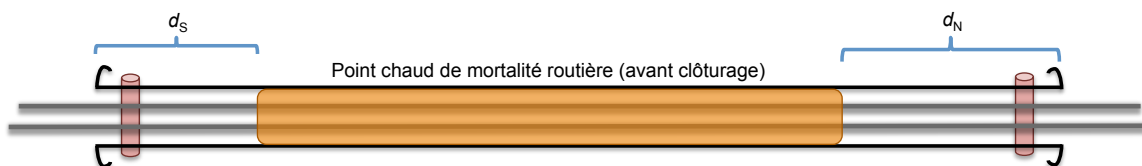
**Option B:** Prolongement de toutes les clôtures à petite faune associées aux passages fauniques sur une distance minimale (p. ex. 600 m de

chaque côté) et puis poursuite du prolongement pour atteindre le ponceau de drainage régulier suivant (Figure 6.5). S'il y a des ponceaux de drainage régulier dans la section clôturée, les clôtures devraient guider les animaux vers les entrées des passages et ne pas barrer les accès aux passages. Si le ponceau est en deux sections et qu'il y a une ouverture dans le terre-plein central, cette dernière peut être bien clôturée pour que les animaux continuent la traversée des chaussées à l'intérieur du ponceau de drainage. Une modification du patron d'implantation des extrémités de clôture serait à considérer, tel que discuté dans la section 6.10, Figure 6.12.



**Figure 6.5** Illustration de l'option B: Prolongement des clôtures existantes (100 m de chaque côté du passage faunique, en bleu) par une certaine distance minimale (p. ex. 600 m de chaque côté) et puis poursuite du prolongement jusqu'au prochain ponceau de drainage régulier (en rouge) vers le sud ( $d_s$ ) et vers le nord ( $d_N$ )

**Option C:** Mise en place de clôtures sur la totalité des zones de concentration de mortalités le long de la route 175. Nous sommes présentement à identifier ces zones de concentration afin de pouvoir informer le MTMDET sur la longueur de clôtures qu'il faut installer pour réduire une quantité donnée de mortalités le long de la route 175. Les clôtures peuvent être prolongées jusqu'au prochain ponceau de drainage régulier vers le sud et vers le nord (Fig. 6.6).



**Figure 6.6** Illustration de l'option C: Mise en place de clôtures dans les zones de concentration de mortalités et extension des clôtures jusqu'au prochain ponceau de drainage régulier vers le sud ( $d_s$ ) et vers le nord ( $d_N$ )

- Option D:** Mise en place d'une clôture dans le tronçon de la route 175 situé près du PNJC (à moins de 6km) parce que le PNJC requiert un niveau de protection de la faune plus élevé que la RFL tel que reflété dans sa mission.
- Option E:** Combinaison des caractéristiques importantes des options A - D. Par exemple, les secteurs à clôturer pourraient être choisis selon le nombre de mortalités routières observées.

Afin d'être en mesure de bien comprendre jusqu'à quel point les mesures mises en place permettent une réduction de la mortalité routière, il est recommandé d'amorcer et d'effectuer un suivi dès leur construction. Cependant, avant d'installer à nouveau des clôtures à petite faune le long de la route 175, la conception et le design des clôtures devraient être revus pour améliorer l'efficacité des clôtures. Entre autres, il s'agirait de s'assurer que les porcs-épics et d'autres grimpeurs ne puissent pas passer par-dessus et accéder à la chaussée (voir recommandation 6.10).

De plus longues clôtures permettront à la fois de réduire la mortalité routière et d'augmenter l'efficacité des passages fauniques, car elles guideront les animaux vers les entrées de ces derniers. Des tronçons de route pourvus de clôtures relativement longues (p. ex. de plusieurs kilomètres) risquent moins d'avoir un problème relatif aux extrémités de clôture plutôt qu'un tronçon clôturé plus court (Rytwinski et coll., 2016). Par conséquent, des cas de mortalités plus nombreux juste après une extrémité de clôture demeurent plus susceptibles de survenir étant donné que les tronçons clôturés sont trop courts. Les résultats obtenus lors de la méta-analyse, menée par Rytwinski et coll. (2016), appuient la thèse que les clôtures doivent être allongées (voir à la section 5.1.8). Leurs résultats démontrent que la mise en place de clôtures demeure la mesure d'atténuation la plus efficace afin de réduire la mortalité routière. En ce qui a trait aux grands mammifères, ils donnent plutôt à penser que cette même mortalité peut aussi être réduite par les systèmes de détection de la faune, bien que ces derniers ne soient pas aussi efficaces que l'installation de clôtures destinées à la faune. À notre connaissance, la proposition d'étendre les clôtures jusqu'au prochain ponceau de drainage régulier constitue une nouvelle approche qui pourrait réduire de manière significative les cas de mortalité aux extrémités de clôture selon notre hypothèse. Il n'existe guère, sinon aucune preuve que d'autres mesures d'atténuation de la mortalité routière peuvent réussir à influencer le comportement du conducteur ou de l'animal, y compris les réflecteurs. Par conséquent, de telles mesures plus économiques ne devraient pas être choisies à moins que leur efficacité soit mise à l'épreuve à l'aide d'une approche expérimentale de haute qualité (Rytwinski et coll. 2016).

Une installation partielle de clôtures pourrait également s'avérer la meilleure option selon les travaux d'Ascensão et coll. (2013). Ces chercheurs ont mis au point un modèle spatialement explicite de simulation basé sur l'individu afin d'élaborer des prédictions à l'aide de différents taux de mortalité routière qui concernent la performance relative de la mise en place d'une clôture ainsi que la construction d'un passage. La fouine (*Martes foina*) servait alors d'espèce modèle. Ils ont comparé 125 scénarios d'aménagement. Leur modèle a prédit que les clôtures s'avèrent beaucoup plus efficaces que les passages afin d'atténuer l'influence de la mortalité routière sur l'abondance des populations. De plus, leur étude a également prédit que la différenciation génétique est davantage réduite dans la plupart des situations par des clôtures efficaces que par les passages (conformément aux résultats obtenus par Jackson et Fahrig 2011). Ce dernier résultat s'explique vraisemblablement par la possibilité qu'offrent les clôtures d'éliminer la mortalité routière, ce qui en retour augmente la diversité génétique et ralentit la différenciation génétique causée par la présence de la route. Fait encore plus intéressant, l'installation partielle de clôture (p. ex., à 50 ou 75 % de la longueur de la route selon l'abondance des cas de mortalité) a réduit la mortalité routière aussi bien qu'une clôture installée sur toute la longueur de la route. De plus, il a également permis une connectivité suffisante des populations animales de part et d'autres des routes. Les auteurs concluent que l'installation partielle de clôtures aux abords peut souvent s'avérer à elle seule la meilleure option de gestion économique de réduction des effets relatifs aux routes.

Les coûts associés à la mise en place de clôtures peuvent s'estimer en fonction des prix soumis au MTMDET lors de la période couverte entre 2007 et 2012. Le prix moyen s'élevait alors à 51,00 \$ par m (intervalle : de 43 à 69 \$/m) en ce qui a trait à une clôture pour la petite faune (non associée à une clôture pour grande faune) (M. Lafrance, comm. pers.). Ces prix ont probablement augmenté depuis, ils pourraient également être influencés par les quantités commandées. Les prix soumissionnés ci-dessus provenaient de commandes placées pour des quantités qui oscillaient entre 360 et 1252 m.

Malheureusement, sans information précise sur l'abondance des populations fauniques locales, il n'est pas possible de tirer des conclusions sur l'efficacité des mesures d'atténuation à l'échelle des populations (van der Grift et al. 2013). C'est l'une des raisons pourquoi la présente étude ne peut répondre à la question sur quel est le niveau de réduction des mortalités requis. La réponse dépend de plusieurs considérations dont :

- jusqu'où et dans quelle mesure les mortalités routières affectent les populations fauniques locales (c.-à-d. dans la zone d'influence des effets, Forman et Deblinger 2000; Forman et al. 2003);

- les objectifs de gestion des populations;
- les missions de la RFL ("une exploitation faunique selon le principe du développement durable"; " lieux privilégiés pour l'acquisition de connaissances et de savoir-faire en matière de conservation et de gestion de la faune et des habitats"), du PNJC ("préserver les patrimoines naturel et culturel. Les écosystèmes ainsi protégés de l'exploitation forestière, minière et hydroélectrique peuvent se développer selon leurs processus naturels"), et de la FM ("un milieu d'accueil visant l'excellence dans les domaines de l'enseignement, de la recherche et de l'éducation du grand public en relation avec l'aménagement durable des forêts ... assurant le maintien de la biodiversité et de la viabilité des écosystèmes ... maintenir des structures de populations fauniques terrestres naturelles en ne développant aucune activité de prélèvement").

Par exemple, il n'est pas connu si les mortalités routières de porcs-épics et de renards roux sont actuellement durables et en accord avec les missions de la RFL, du PNJC et de la FM. Il n'y a pas de récolte de porcs-épics dans la RFL. La mise en place de clôtures (idéalement combinée avec des passages fauniques) devient donc une des seules options pour réduire la mortalité. Plusieurs autres espèces telles que la mouffette rayée pourraient également bénéficier des clôtures. Par conséquent, il serait important, voir essentiel, d'obtenir des informations concernant l'abondance des populations dans la poursuite du présent projet. Il s'agirait de déterminer les densités de plusieurs espèces fauniques présentes dans la RFL et cela, à plusieurs échelles (pas juste à l'échelle de la RFL) afin de déterminer comment les populations locales peuvent être affectées par la route 175 (et d'autres sources de mortalité) (voir recommandation 6.12). Les effets négatifs de la mortalité routière sur les populations animales continueront tant qu'aucune mesure ne sera prise. A moins de mettre en place au plus vite des mesures de précaution, une telle étude permettra de déterminer les mesures efficaces à prendre pour lutter contre ces effets. Si des mesures d'atténuation sont nécessaires, il est préférable de les mettre en application dès que possible afin d'éviter que les effets négatifs prennent de plus en plus d'ampleur et que l'état des populations devienne difficile à restaurer. Quatre situations sont possibles :

- (1) Le prolongement des clôtures est nécessaire et elles sont effectivement prolongées (décision adéquate);
- (2) Le prolongement des clôtures n'est pas nécessaire, mais elles sont malgré tout effectivement prolongées (erreur de type 1; fausse alarme);
- (3) Le prolongement des clôtures n'est pas nécessaire et il n'y a pas de prolongement des clôtures (décision adéquate);
- (4) Le prolongement des clôtures est nécessaire mais elles ne sont pas prolongées (erreur de type 2 : fausse complaisance).

En attendant les résultats d'une étude à l'échelle des populations, une des 4 situations présentées ci-haut peut se présenter lorsqu'on ne sait pas si le prolongement des clôtures est nécessaire. Dans cette situation d'incertitude, une des options est d'appliquer le principe de précaution en réduisant les sources de mortalité sur la route et à proximité de celle-ci (pour le porc-épic et le renard roux). Les principales différences entre les erreurs de type 1 et 2 sont que dans le cas du type 2 (fausse complaisance) les coûts semblent peu élevés à court terme mais les conséquences sur les populations continuent de croître sans être détectées s'il n'y a pas de suivi en place. De plus, dans ce cas, les coûts de restauration de l'état des populations risquent d'être beaucoup plus élevés éventuellement et les conséquences pourraient même être irréversibles. Dans le cas de l'erreur de type 1 (fausse alarme), l'action est plus dispendieuse à court terme mais le suivi continu risque de démontrer dans un court délai que les mesures de protection ne sont pas nécessaires, qu'il y a augmentation de nos connaissances dans le domaine et que le danger de devoir mettre en place des mesures de restauration coûteuses est évité. Cette approche est cohérente avec le principe de précaution ("Vaut mieux prévenir que guérir"). Plusieurs auteurs dans la littérature des sciences environnementales mettent l'accent sur la nécessité de contrôler les erreurs de type 2 et de les éviter car elles sont plus dommageables que les erreurs de type 1. Cette approche diffère des sciences médicales et du développement de médicaments où l'accent est surtout d'éviter les erreurs de type 1 plutôt que celles de type 2 (Peterman et M'Gonigle 1992; Peterson 1993; Kriebel et al. 2001). Voici une citation de Kriebel et al. (2001) à ce sujet : "when there is substantial scientific uncertainty ..., policy decisions should be made in a way that errs on the side of caution with respect to the environment". Par conséquent, nous recommandons que le principe de précaution soit considéré dans le cas de la RFL.



Le suivi des mortalités routières n'est pas suffisant pour résoudre cette incertitude. Dans le cas où l'abondance d'une population animale présente à proximité de la route serait réduite par la mortalité routière, le nombre de cas de mortalité deviendrait de plus en plus faible au fil des ans. Or, cela ne signifierait pas que l'impact de la route a disparu mais plutôt le contraire (cas d'erreur de type 2, fausse complaisance), c'est-à-dire que les populations ont été affectées négativement par la route (Fahrig et coll. 1995, Teixeira et coll. 2017) et que des mesures d'atténuation sont nécessaires de manière urgente.

## **6.6 Implanter des normes en ce qui a trait aux mesures d'atténuation associées aux routes**

Toutes les agences responsables des routes doivent avoir accès à des lignes directrices pertinentes, actuelles et exhaustives afin de planifier, de concevoir, de construire ainsi que de maintenir des systèmes de transport durables sur le plan écologique (Trocmé 2015). Toutefois, le Québec n'a pas encore de normes liées aux mesures d'atténuation des effets des routes sur la faune terrestre. Rédiger des lignes directrices et des manuels de bonnes pratiques s'avère une occasion de collaborer et un moyen de créer une compréhension et un langage communs à tous les intervenants de même que de développer un sens partagé des responsabilités. Par conséquent, nous recommandons d'implanter des normes en ce qui a trait aux mesures d'atténuation associée aux routes au Québec, en collaboration entre le MTMDET, le MFFP et le MDDELCC (voir aussi la Recommandation 6.8). Un exemple utile nous provient de la Suisse (aux figures 6.7 à 6.9). Les premières lignes directrices qui portaient sur l'installation de clôtures le long des autoroutes ont été rédigées dans ce pays à la fin des années 1960 (VSS 1968). Cet ensemble de directives a fourni des renseignements propres aux espèces animales pour la conception des clôtures basée sur un aperçu des travaux sur le terrain et des tests réalisés afin de réduire les collisions à l'époque. Les experts de l'Association suisse des transports routiers (ASTAG) ont publié un ensemble de normes. Chacune couvre un enjeu précis comme la planification, les ouvrages de franchissement pour la faune ainsi que les mesures de protection afin d'éviter de piéger les petits animaux sur la chaussée :

- « Faune et trafic : Norme de base », norme VSS 640 690,
- « Faune et trafic : Processus d'études interdisciplinaires », norme VSS 640 691A,
- « Faune et trafic : Analyse faunistique », norme VSS 640 692,
- « Faune et trafic : Clôtures à faune », norme VSS 640 693A,
- « Faune et trafic : Mesures de protection », norme VSS 640 694,
- « Faune et trafic : Aménagement des ponceaux respectueux de la faune », norme VSS 640 696 (voir également ci-dessous, la recommandation 6.4.14 fournit un exemple),
- « Faune et trafic : Protection des amphibiens, bases et planification », norme VSS 640 698A,
- « Faune et trafic : Protection des amphibiens, mesures », norme VSS 640 699A.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute Association suisse des professionnels de la route et des transports Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti Swiss Association of Road and Transportation Experts	Schweizer Norm Norme Suisse Norma Svizzera Swiss Standard	  <b>640 690a</b>
EINGETRAGENE NORM DER SCHWEIZERISCHEN NORMEN-VEREINIGUNG    SNV    NORME ENREGISTRÉE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION			
<b>Fauna und Verkehr</b>		<b>Faune et trafic</b>	
<b>Grundnorm</b>		<b>Norme de base</b>	
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>Seite</b>	<b>TABLE DES MATIÈRES</b>	<b>Page</b>
<b>A Allgemeines</b>	3	<b>A Généralités</b>	3
1 Geltungsbereich	3	1 Domaine d'application	3
2 Gegenstand	3	2 Objet	3
3 Zweck	3	3 But	3
4 Einführung in die Normen «Fauna und Verkehr»	3	4 Introduction aux normes «Faune et trafic»	3
4.1 Inhalt und Anwendungsbereiche	3	4.1 Contenu et domaines d'application	3
4.2 Grundlagen	5	4.2 Bases	5
5 Begriffe	5	5 Définitions	5
5.1 Faunaspezifische Sanierung eines bestehenden Verkehrswegs	5	5.1 Assainissement «faune et trafic» d'une voie de circulation existante	5
5.2 Biozönose	5	5.2 Biocénose	5
5.3 Bioindikator	5	5.3 Bioindicateur	5
5.4 Biotop	5	5.4 Biotope	5
5.5 Wildtierkorridore	5	5.5 Corridors faunistiques	5
5.6 Defragmentierung	5	5.6 Défragmentation	5
5.7 Ökosystem	6	5.7 Ecosystème	6
5.8 Fauna	6	5.8 Faune	6
5.9 Schutzmassnahmen «Fauna und Verkehr»	6	5.9 Mesures de protection «faune et trafic»	6
5.10 Population	6	5.10 Population	6
5.11 Ökologisches Netzwerk	6	5.11 Réseau écologique	6
5.12 Verkehrsweg	6	5.12 Voie de circulation	6
<b>B Ökologisches Netzwerk</b>	7	<b>B Réseau écologique</b>	7
6 Bestandteile und Funktionsweise eines ökologischen Netzwerks	7	6 Eléments et fonctionnement d'un réseau écologique	7
7 Einstufung der Bestandteile des ökologischen Netzwerks	8	7 Classification des éléments du réseau écologique	8
8 Faktoren und Bedeutung der Tierbewegungen, Bewegungstypen	8	8 Facteurs et importance des déplacements de la faune, types de déplacements	8
<b>C Verkehrsnetz</b>	11	<b>C Réseau des voies de circulation</b>	11
9 Beschreibung	11	9 Description	11

---



Herausgeber: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) Seefeldstrasse 9, 8008 Zürich Bearbeitung: VSS-Fachkommission 6, Umwelt und Unterhalt Genehmigt: Juni 2004 Ersetzt: SN 640 690 vom April 1968 Gültig ab: 1. August 2004	Editeur: Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS) Seefeldstrasse 9, 8008 Zurich Elaboration: Commission technique VSS 6, Environnement et entretien Adoptée: juin 2004 Remplace: SN 640 690 d'avril 1968 Valable dès: 1 <sup>er</sup> août 2004
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

© 2004, VSS Zürich

**Figure 6.7 Norme suisse 640 690a « Faune et trafic – Norme de base ».**  
(Source : Swiss Association of Road and Transportation Experts 2004)



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute Association suisse des professionnels de la route et des transports Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti Swiss Association of Road and Transportation Experts	Schweizer Norm Norme Suisse Norma Svizzera Swiss Standard	  <b>640 692</b>
	EINGETRAGENE NORM DER SCHWEIZERISCHEN NORMEN-VEREINIGUNG    SNV    NORME ENREGISTRÉE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION		
<b>Fauna und Verkehr</b>		<b>Faune et trafic</b>	
<b>Faunaanalysemethoden</b>		<b>Analyse faunistique</b>	
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	Seite	<b>TABLE DES MATIÈRES</b>	Page
<b>A Allgemeines</b>	3	<b>A Généralités</b>	3
1 <i>Geltungsbereich</i>	3	1 <i>Domaine d'application</i>	3
2 <i>Gegenstand</i>	3	2 <i>Objet</i>	3
3 <i>Zweck</i>	3	3 <i>But</i>	3
4 <i>Begriffe</i>	3	4 <i>Définitions</i>	3
4.1 <i>Spezifische Faunapassage</i>	3	4.1 <i>Passage à faune spécifique</i>	3
4.2 <i>Nichtspezifische Faunapassage</i>	3	4.2 <i>Passage à faune non-spécifique</i>	3
4.3 <i>Grunddurchlässigkeit</i>	3	4.3 <i>Perméabilité de base</i>	3
4.4 <i>Nationale, regionale oder lokale Bedeutung einer Kernzone und überregionale, regionale oder lokale Bedeutung eines Korridors</i>	3	4.4 <i>Importance nationale, régionale ou locale d'une zone-réservoir et importance supra-régionale, régionale ou locale d'un corridor</i>	3
<b>B Methoden zur Untersuchung des Fachbereichs Fauna</b>	4	<b>B Méthodes d'analyse faunistique</b>	5
5 <i>Untersuchungsmethoden und ihre Ziele</i>	4	5 <i>Types et buts des analyses</i>	5
<b>C Ermittlung der ökologischen Netzwerke</b>	6	<b>C Identification des réseaux écologiques</b>	6
6 <i>Erfassung der vorhandenen Daten</i>	6	6 <i>Acquisition des données existantes</i>	6
7 <i>Ergänzende Untersuchungen</i>	6	7 <i>Etudes complémentaires</i>	6
<b>D Lokalstudie</b>	6	<b>D Etude locale</b>	6
8 <i>Rolle der Lokalstudie</i>	6	8 <i>Rôle d'une étude locale</i>	6
<b>E Ermittlung der Konfliktstellen</b>	6	<b>E Localisation des points de conflit</b>	6
9 <i>Konfliktsituationen</i>	6	9 <i>Situations de conflit</i>	6

---

Herausgeber: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) Seefeldstrasse 9, 8008 Zürich  Bearbeitung: VSS-Fachkommission 6, Umwelt und Unterhalt Genehmigt: Juni 2004 Gültig ab: 1. August 2004	Editeur: Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS) Seefeldstrasse 9, 8008 Zurich  Elaboration: Commission technique VSS 6, Environnement et entretien Adoptée: juin 2004 Valable dès: 1 <sup>er</sup> août 2004
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

© 2004, VSS Zürich

**Figure 6.8** Norme suisse 640 692 « Faune et trafic – Analyse faunistique ». (Source : Swiss Association of Road and Transportation Experts 2004)

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**B Méthodes d'analyse faunistique**

5 *Types et buts des analyses*

Les analyses faunistiques nécessaires à l'élaboration d'un plan de mesures sont résumées dans le tableau 1.

<b>Méthodes d'analyse faunistique</b>		
<b>Analyses</b>	<b>Tâches à effectuer</b>	<b>But de l'analyse</b>
Identification du réseau écologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>– recueil des données existantes (canton, CSCF, KARCH, etc.)</li> <li>– compléter les données manquantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– connaître les réseaux écologiques de la région traversée par la voie de circulation, ainsi que la valeur biologique de ses différents éléments</li> </ul>
Etude locale	<ul style="list-style-type: none"> <li>– rassembler les connaissances locales en matière de faune (chasse, pêche, bureaux d'écologie locaux, population, etc.)</li> <li>– études de terrain</li> <li>– comptage d'animaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– valider et compléter les caractéristiques des réseaux écologiques sur les aspects qualitatifs (hiérarchisation des corridors et zones-réservoirs), quantitatifs et fonctionnels</li> <li>– identifier les biotopes et les espèces sensibles</li> </ul>
Localisation des points de conflit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– superposition de la carte des réseaux écologiques avec celle des contraintes définies dans l'étude locale et le tracé de la voie de circulation</li> <li>– identification des points de conflits</li> <li>– accidentologie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– identifier les impacts</li> <li>– pouvoir proposer une modification de tracé en cas d'impact conséquent</li> </ul>
Analyse de la perméabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analyse des possibilités de franchissement pour la faune en tenant compte des caractéristiques propres à la voie de circulation (passages à faune non-spécifiques, zones non clôturées)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– estimer la perméabilité de la voie de circulation</li> <li>– utiliser au mieux les passages à faune non-spécifiques pour rétablir des échanges faunistiques</li> <li>– aider au choix des emplacements pour la construction de passages à faune spécifiques</li> </ul>
Concept de réseau écologique futur	<ul style="list-style-type: none"> <li>– synthèse des analyses précédentes</li> <li>– comparaison de la carte des réseaux écologiques avec les plans d'aménagement et plans directeurs des communes et cantons compris dans un large périmètre autour de la voie de circulation</li> <li>– analyse de l'évolution à long terme du réseau écologique en relation avec le développement de l'urbanisation, de l'agriculture et des infrastructures de transport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– permettre une vision globale et prospective des interactions faune et trafic</li> <li>– identifier les mesures de protection à prendre et définir leur emplacement et leur intégration dans le paysage</li> <li>– pouvoir proposer des mesures de protection viables à long terme</li> <li>– définir des priorités et une stratégie de conservation à l'échelle régionale avec les services concernés</li> <li>– prendre en compte l'évolution future des réseaux écologiques à l'échelle régionale</li> </ul>

**Tab. 1**

**Figure 6.9 Norme suisse 640 692 « Faune et trafic – Analyse faunistique ».** Tableau 1 qui concerne les méthodes utilisées pour l'analyse faunistique. (Source : Swiss Association of Road and Transportation Experts 2004)

Rédigées par une équipe de spécialistes de la faune et des ingénieurs civils, ces normes emploient des termes qui touchent l'ingénierie. De plus, elles contiennent des organigrammes et des arbres décisionnels afin d'encadrer l'ingénieur vers la stratégie d'atténuation la plus appropriée (Trocmé 2015). L'Office fédéral des routes (OFROU) en Suisse a également récemment publié la directive « Ouvrages de franchissement pour la faune » (OFROU 2014). Elle fournit une vue d'ensemble des passages à faune et des nombreuses mesures complémentaires. Elle indique aussi qui a la compétence et la responsabilité de prendre l'initiative de ces mesures, en fonction de la phase de vie de l'ouvrage concerné.

En Suisse, les cours d'eau sont considérés comme l'épine dorsale du réseau écologique. Ils totalisent plus de 61 000 km en longueur et ils s'avèrent très importants pour plusieurs espèces terrestres qui empruntent les habitats fluviaux comme couloirs naturels (Trocmé et Righetti 2011). Les experts de l'Association suisse des transports routiers ont créé en 2011 une nouvelle norme avec les biologistes qui vise les ponceaux respectueux de la faune (SN 640 696) (Swiss Association of Road and Transportation Experts 2011). Elle traite notamment de l'aménagement à posteriori de routes existantes en Suisse, comme s'il s'agissait de la plus habituelle des situations. Cette norme établit une distinction entre les six catégories de faune terrestre et les cinq catégories de faune aquatique et elle vise à intégrer une analyse coûts-avantages. Plusieurs organigrammes orientent les planificateurs vers la solution la plus rentable, ceci en fonction de critères qui inclut l'ingénierie structurale, les caractéristiques de la faune ainsi que des aspects liés à l'hydraulique et l'entretien.

En ce qui concerne la faune terrestre, les ponceaux sont regroupés en classes. Les amphibiens, les reptiles, les petits rongeurs, les loutres, les espèces de la famille des martres, les renards, les blaireaux de même que les castors sont ainsi distingués les uns des autres (Tableau 6.2). La conception de nouveaux ponceaux en tant qu'infrastructure et la remise en état de ceux déjà aménagés lors de programmes d'entretien étaient abordées séparément. Par conséquent, les dimensions minimales exigées diffèrent selon l'une ou l'autre des deux situations. Les nouveaux ponceaux devraient ainsi fournir des conditions optimales, alors que la remise en état s'avère davantage aux prises avec des contraintes hydrauliques et cherche tout simplement à répondre aux exigences minimales.

La norme indique également différents concepts à envisager afin que les ingénieurs puissent disposer d'un ensemble d'options parmi lesquelles ils pourront choisir selon les circonstances. Les tablettes de pied sec peuvent être conçues en bois, en béton ou en pierres. Cette norme a donc rendu les ingénieurs beaucoup plus sensibles aux différentes fonctions que les ponceaux doivent occuper et au fait que les nouvelles infrastructures ne devraient plus créer de barrières artificielles en Suisse (Trocmé et Righetti 2011).

**Tableau 6.2 Exigences pour les nouveaux ponceaux de même que ceux à remettre en état destinés aux animaux terrestres selon la norme suisse SN 640 696 (Source : Trocmé et Righetti 2011)**

Groupes d'espèces	Exigences pour les nouveaux ponceaux		Exigences pour les ponceaux à remettre en état	
	Largeur minimale d'une tablette de pied sec	Dégagement minimal au-dessus d'une tablette de pied sec	Largeur minimale d'une tablette de pied sec	Dégagement minimal au-dessus d'une tablette de pied sec
Loutres	1 m	1,5 m	0,2 m	0,6 m
Reptiles	0,6 m	0,75 m	0,4 m	0,4 m
Petits rongeurs	0,4 m	0,4 m	0,4 m	0,4 m
Membres de la famille des martres	0,6 m	0,75 m	–	–
Amphibiens	1 m	0,75 m	0,4 m	0,6 m
Castors, renards, blaireaux	1 m	1,5 m	0,6 m	0,6 m

À l'extérieur de l'Europe, la Corée demeure un exemple à suivre. Ce pays a implanté des normes en ce qui a trait à l'atténuation associée aux routes (Ministry of Environment of Korea 2010) comme Queensland l'a fait en Australie (Queensland Department of Transport and Main Roads 2011). La Banque mondiale a publié un manuel dans le but de promouvoir les pratiques exemplaires en matière d'EIE et de conception des routes pour des projets qu'elle a financés en 1997 (Tsunokawa et Hoban 1997). Cet ouvrage porte sur tous les projets d'infrastructures linéaires, peu importe la source de financement.

En guise de contribution aux normes implantées au Québec, un examen systématique de celles déjà en vigueur, basé sur l'aperçu proposé par Trocmé

(2015) serait précieux. Le Dr Rodney van der Ree (à Melbourne, en Australie) entreprend actuellement une révision des lignes directrices existantes à l'échelle mondiale (van der Ree et coll. 2016). Afin d'élaborer des lignes directrices pour les pratiques de gestion exemplaires et de rédiger des manuels, tous à l'usage des pays qui ne disposent pas encore de telles directives, Trocmé (2015) a proposé dix leçons tirées des expériences vécues en Europe.

### **6.7 Une base de données qui porte sur le potentiel de convertir les ponceaux de drainage régulier en passages fauniques**

Lorsque des travaux de réparation ou de remplacement sont effectués sur des ponceaux de drainage réguliers, il s'agit d'une bonne occasion de les transformer en passages fauniques. La création d'une base de données qui concerne tous les ponceaux de drainage réguliers de même que le potentiel de les convertir en passages à faune serait très utile pour cette tâche, tel qu'utilisée en Suisse. Une telle base de données fournit des renseignements importants en ce qui regarde l'amélioration de ces ponceaux lorsqu'il s'avère le temps de les remplacer dans le cadre de l'entretien régulier des routes. Par exemple, à bien des endroits, les ponceaux plus larges seront également requis afin de tenir compte de la plus grande quantité d'eau qui s'écoulera en raison des changements climatiques. Ces occasions représentent des bonnes opportunités de mettre en place de plus grands ponceaux qui conviendront également à la faune. Des normes appropriées peuvent faciliter grandement ce travail (voir ci-dessus la recommandation 6.6). La nouvelle norme sur les ponceaux respectueux de la faune (SN 640 696) de 2011 par l'Association suisse des transports routiers est un bon exemple (Swiss Association of Road and Transportation Experts 2011). Elle traite notamment de l'aménagement à posteriori de routes existantes, comme s'il s'agissait de la plus habituelle des situations en Suisse. Cette norme établit une distinction entre les six catégories de faune terrestre et les cinq catégories de faune aquatique et elle vise à intégrer une analyse coûts-avantages (tableau 6.2).

### **6.8 Avantages d'une collaboration accrue entre le MTMDET, le MFFP et le MDDELCC et au-delà du Québec**

Plusieurs agences responsables des routes considèrent le développement durable comme l'un de leurs objectifs. Établir des liens de collaboration entre agences de transport et spécialistes de l'environnement de même que d'appuyer à long terme les travaux de recherche scientifiquement crédibles

s'avère la seule façon d'y parvenir (van der Ree et coll. 2011). Cette approche implique une collaboration accrue avec le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) ainsi que le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Une collaboration tenue sur une base régulière plutôt qu'une coordination habituelle par projet permet de combiner la rationalisation du travail comme des données recueillies pour plusieurs projets, plans et programmes au cours d'une période de temps prolongée. Elle permettra donc de faire face aux problèmes qui touchent à la fragmentation de l'habitat, à la viabilité des populations fauniques, de même qu'à la planification des transports à plus grande échelle. Par exemple, rédiger des lignes directrices et établir des normes s'avèrent une occasion de collaborer et un moyen de créer une compréhension et un langage communs à tous les intervenants de même que de développer un sens partagé des responsabilités (voir aussi la recommandation 6.6).

Les premiers ministres de l'Est du Canada et les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre ont adopté au mois d'août 2016 la Résolution 40-3 : Résolution concernant la connectivité écologique, l'adaptation aux changements climatiques et la conservation de la biodiversité (40<sup>e</sup> Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada 2016; Annexe G). En ce qui concerne cette collaboration, la Résolution 40-3 stipule que :

« **Attendu que** la conservation et le rétablissement des écosystèmes connectés exigent une approche à volets multiples comprenant le développement et la mise en pratique de principes scientifiques éprouvés, la conservation de territoires ciblés, la gestion durable des ressources terrestres et hydriques, des solutions stratégiques, **une infrastructure de transport améliorée**, des activités de mobilisation et de participation avec les principaux groupes concernés, et une pratique réfléchie d'aménagement du territoire;

**Il est de plus résolu que** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada enjoignent aux organismes œuvrant dans les domaines du **transport et des ressources naturelles** de chercher des moyens de développer, de modifier et d'élargir les programmes fédéraux, provinciaux et étatiques d'amélioration du transport et de désignation dans le but d'améliorer la connectivité des habitats;

**Il est de plus résolu que** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada enjoignent aux organismes œuvrant dans les domaines du transport et des ressources naturelles dans chaque administration **de collaborer** aux efforts en vue de trouver la bonne conception et la bonne taille pour l'infrastructure de transport,

afin de **permettre aux espèces terrestres et aquatiques de circuler** et de faciliter l'adaptation aux changements prévus dans les précipitations et les débits de pointe en raison des changements climatiques. »

Des visites habituelles sur le terrain avec des représentants des organismes s'avèrent également un moyen très efficace pour promouvoir une meilleure compréhension mutuelle des besoins et des points forts de chacun afin de créer un climat de confiance entre les ministères, comme l'a démontré l'expérience du Vermont ces dernières années.

Par conséquent, nous recommandons de développer au Québec une collaboration plus étroite entre le MTMDET, le MFFP ainsi que le MDDELCC.

Un bel exemple qui représente bien cette collaboration provient du Vermont (le protocole d'entente est inclus à l'annexe H). Des représentants du *Vermont Agency of Transportation* ainsi que du *Fish and Wildlife Department* (ce dernier faisant partie du *Vermont Agency of Natural Resources*) forment un comité interagences qui se rencontre sur une base régulière. Ensemble, ils élaborent ainsi le plan de travail bisannuel sur les mesures d'atténuation relatives aux routes.

L'*Idaho Transportation Department* (ITD) et l'*Idaho Department of Fish and Game* (IDFG), dans un autre exemple, ont signé un protocole d'entente (il se trouve également à l'annexe H). Les parties se rencontrent sur une base régulière. L'ITD, entre autres, collabore et communique chaque mois à l'IDFG toutes les données relatives aux animaux tués sur les routes de même qu'aux collisions entre faune et véhicules afin de les incorporer dans leurs bases de données conçues à cette fin. À son tour, l'IDFG fournit des données crédibles qui s'avèrent pertinentes à des fins d'évaluations de projets pour l'ITD en matière de planification des transports.

Nous recommandons un accord similaire d'échanges et de collaboration au Québec entre le MTMDET, le MFFP ainsi que le MDDELCC.

Une collaboration accrue à travers le Canada est également possible et souhaitée. L'*Ontario Road Ecology Group* (OREG) proposait la formation d'un groupe de recherche à l'échelle canadienne en écologie des routes, lors de leur rencontre « *Road Ecology: A National Agenda for Canada* ». Elle se tenait à Ottawa les 27 et 28 novembre 2014, dans le but d'apprendre les uns des autres et promouvoir l'échange d'expériences pratiques et de connaissances scientifiques.

Une nouvelle occasion de collaborer au-delà des frontières du Canada est offerte dans le cadre du programme de mise en commun des fonds pour le transport (*Transportation Pooled Fund (TPF) Program*). L'étude « *Wildlife Vehicle Collision Reduction and Habitat Connectivity* » est financée par ce fonds commun et porte sur la réduction des collisions entre la faune et les

véhicules ainsi que la connectivité des habitats. Elle va donc chercher à identifier des solutions plus économiques qui intègrent la sécurité comme la mobilité routière avec la conservation de la faune et la connectivité des habitats. Cette étude financée par ce fonds (PFS) est proposée comme un projet de recherche concerté. Ce projet va s'appuyer sur les partenariats établis entre le *Nevada Department of Transportation* (NDOT), le *Federal Highway Administration* (FHWA), le *Western Transportation Institute of Montana State University* (WTI) ainsi que l'ARC (pour « Animal Road Crossings ») *Solutions* ([www.arc-solutions.org](http://www.arc-solutions.org)). Si cinq organismes d'état des transports (DOT) et agences canadiennes contribuent en moyenne à un montant annuel de 20 000 \$ (sur cinq ans : 2017 à 2021), les sommes recueillies assureraient un financement de base suffisant de 500 000 \$ pour soutenir la portée initiale proposée de ces travaux (de plus amples renseignements sont accessibles à la page [www.pooledfund.org/Details/Solicitation/1438](http://www.pooledfund.org/Details/Solicitation/1438)). L'adoption d'une approche qui inclut des expériences coordonnées et réparties (CDE) pourrait permettre aux agences responsables des routes d'améliorer de manière importante la qualité des protocoles expérimentaux et le nombre d'échantillons pour des travaux de recherche ou de suivi (p. ex., Fraser et coll. 2013). En effet, les agences peuvent plus facilement mettre en commun les fonds alloués à la recherche qui seront destinés à une série de projets de même que de planifier des programmes de surveillance plus complets en vue d'obtenir de meilleurs résultats. La PFS mentionnée ci-dessus et proposée pour la période de 2017 à 2021 donne l'occasion intéressante de mettre en œuvre une approche qui inclut une CDE.

### **6.9 Avantages d'une sensibilisation accrue au sujet du statut international de la recherche qui porte sur l'écologie des routes, au sein du MTMDET ainsi que de façon plus générale au Québec**

Une participation plus active du Québec aux réunions internationales qui portent sur les mesures d'atténuation associées aux routes serait très utile pour améliorer la sensibilisation et accroître les connaissances sur l'évolution récente en la matière à tous les paliers au sein du MTMDET de même que de façon plus générale au Québec. Idéalement, cette démarche pourrait se faire en collaboration avec d'autres ministères (p. ex., le MFFP, le MDDELCC) ainsi qu'avec des ONG comme l'organisation connue sous le nom de « Conservation de la nature Canada, Division du Québec » et le Corridor appalachien. La discipline de l'écologie des routes a accompli des progrès considérables au cours des vingt dernières années, comme l'indique par exemple, les comptes rendus depuis 1992 des congrès de l'ICOET (les fichiers PDF sont consultables



à l'adresse : [www.icoet.net](http://www.icoet.net)). Les deux conférences les plus importantes de ce genre sont la *Northeastern Transportation and Wildlife Conference* (NETWC, qui se tient à tous les 2 ans, [www.netwc.org](http://www.netwc.org)) ainsi que l'*International Conference on Ecology & Transportation* (ICOET, également à tous les 2 ans, [www.icoet.net](http://www.icoet.net)). Une participation plus active lors de ces événements permettrait d'améliorer les connaissances du Québec avec les faits nouveaux à l'échelle internationale ainsi qu'avec l'état actuel des mesures d'atténuation destinées à la faune dans les autres provinces du Canada et dans les états voisins des États-Unis qui participent à la "*Résolution concernant la connectivité écologique, l'adaptation aux changements climatiques et la conservation de la biodiversité*" (40<sup>e</sup> Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada 2016, Résolution 40-3).

Les connaissances théoriques et pratiques acquises quant aux interventions effectuées en France (de préférence, également dans d'autres pays européens) peuvent être améliorées et tenues à jour par des visites d'échange sur une base régulière (p. ex., à tous les 3 ans). Une compréhension plus approfondie de la documentation internationale qui porte sur l'écologie des routes s'avère aussi souhaitable. La barrière des langues que peut présenter cette littérature publiée en anglais pourrait être surmontée par la traduction en français d'articles et de livres pertinents. Les coûts ainsi engendrés afin de traduire peuvent être partagés avec d'autres bureaux gouvernementaux de ce pays qui sont également intéressés par ces traductions.

Un exemple récent à citer d'un développement très encourageant en ce qui a trait aux mesures d'atténuation associée aux routes provient du concours « International Wildlife Crossing Infrastructure Design Competition » organisé par l'ARC (voir la zone de texte 6.1). Il associe le passage faunique aménagé avec une conception architecturale novatrice qui peut susciter l'intérêt du public et gagner l'appui de la population pour les mesures d'atténuation relatives aux axes routiers. De telles structures emblématiques d'une grande visibilité (p. ex., comme le long de l'autoroute 401) peuvent être jumelées à la diffusion de renseignements destinés au grand public à propos de l'importance des passages fauniques ainsi que leurs efficacités. Le *Whyte Museum of the Canadian Rockies* localisé à Banff a accueilli l'exposition « Wildlife Crossings » qui comportait des vidéos, des cartes, des photographies de même que des jeux interactifs. L'exposition sur les ouvrages de franchissement pour la faune a connu un immense succès au *Whyte Museum* de Banff. Il a confirmé le grand intérêt suscité par le public pour ce thème, lorsqu'ils sont accompagnés de photos et d'explications sur l'efficacité des passages fauniques. L'exposition s'est déroulée de la période d'avril à octobre 2006 ainsi que tout au long de la saison touristique. Plus de 19 000 personnes ont visité l'exposition et plusieurs ont signé le registre. Elle a remporté un prix, le « Banff Heritage Tourism

Award » dans la catégorie « Most Innovative Commitment to National Park and World Heritage Site Awareness » (Clevenger et coll. 2009).

**Zone de texte 6.1 : Un concours d'envergure internationale sous l'égide de l'ARC portait sur la conception d'infrastructures de type « passage faunique »**

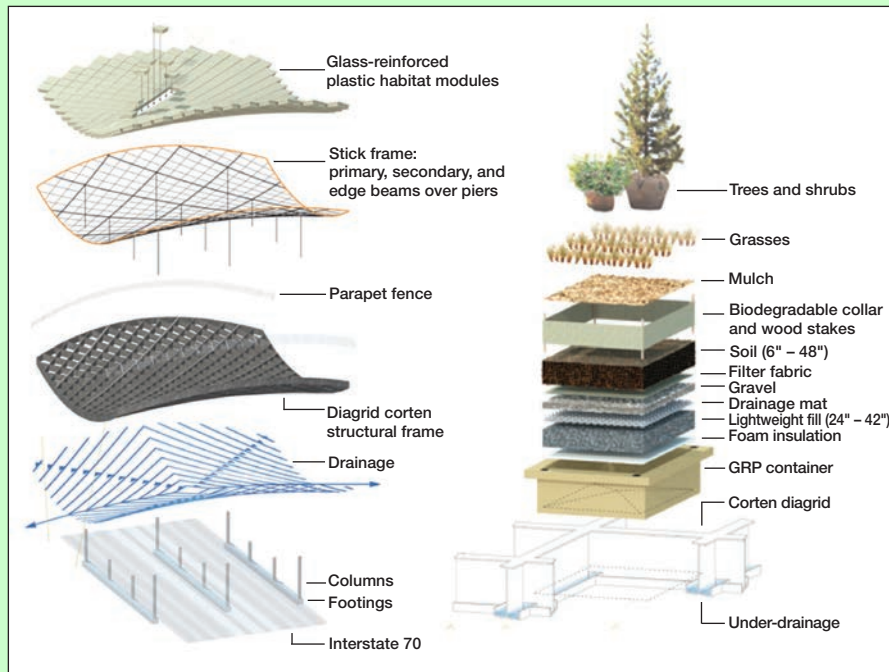
En 2010, un partenariat entre de multiples intervenants dont des organismes fédéraux, étatiques de même que des universités ont lancé la « International Wildlife Crossing Infrastructure Design Competition » qui fut organisée par l'ARC (pour « Animal Road Crossings »). Son objectif visait à envisager de nouvelles options en ce qui concerne les matériaux, les méthodes ainsi que les stratégies à propos des passages fauniques (Figure A; Lister 2012, Lister et coll. 2015).



**Figure A :** Site Web dédié au concours organisé par l'ARC : arc-solutions.org. (Source des images (dans le sens des aiguilles d'une montre, à partir du coin supérieur gauche) : Balmori Associates; HNTB and MVVA; Janet Rosenberg & Studio Inc; ZJA Zwarts and Jansma Architects, 2010)

La motivation derrière le concours sous l'égide de l'ARC vient de la perception que les coûts engendrés par la construction des passages fauniques constituaient un obstacle majeur à leur mise en place généralisée. Par conséquent, ce concours a mis au défi les participants afin de concevoir des modèles structurels qui réduiraient les coûts et intégreraient des innovations matérielles, p. ex., par une conception plus modulaire ou qui s'adapte (Lister 2012). Des équipes qualifiées dans ce domaine étaient invitées à concevoir des solutions novatrices qui s'avéraient économiques et responsables d'un point de vue écologique pour des structures destinées aux franchissements des

animaux sauvages. Pour ainsi dire, ces réalisations devaient pouvoir répondre aux changements écologiques par des interventions en conception architecturale qui touchent le paysage. Elles demeuraient également sécuritaires et flexibles. Le concours s'est adressé à des équipes interdisciplinaires de calibre international, que les membres soient ingénieurs, architectes paysagistes de même que des spécialistes de l'écologie animale afin de créer la prochaine génération d'infrastructures de type « passage faunique » pour les routes situées en Amérique du Nord. Les finalistes ont développé des concepts qui peuvent s'adapter facilement à une utilisation généralisé dans des endroits différents sous diverses conditions. Les autres innovations incluait des composantes empilables et modulaires, des matériaux légers en résine ainsi que des modules interchangeables d'un habitat à l'autre (Figure B).



**Figure B :** Un concept novateur d'un passage faunique modulaire. Des modules pour habitat peuvent se réutiliser et s'adapter afin de convenir aux conditions écologiques actuelles et futures. (Source : adapté de OLIN Studio 2010)

Les concepts idéaux qui découlait de ce concours ont exercé une influence afin de faire appel pour des projets de recherche et de sensibiliser davantage le public pour la planification ainsi que la conception d'infrastructures de type passage faunique (ARC Solutions 2014). Le concept primé réalisé par « HNTB Engineering » et « Michael Van Valkenburgh Associates Inc » (des architectes

paysagistes) ouvre la voie à une nouvelle catégorie d'infrastructures (Lister 2012). Leur proposition (Figure C) a consisté en une structure modulaire sans piliers. Elle recommandait l'utilisation d'une technologie et de matériaux usuels, en plus de techniques de construction bien établies qui offrent ainsi tant une faisabilité qu'une adaptabilité. La structure comprend un arc à trois articulations, ou un paraboloïde hyperbolique (« hypar », en anglais) dans la voûte, lequel repose sur un module préfabriqué de voile mince en béton conçu de manière à disperser sans danger l'énergie d'une charge dynamique et inégale.

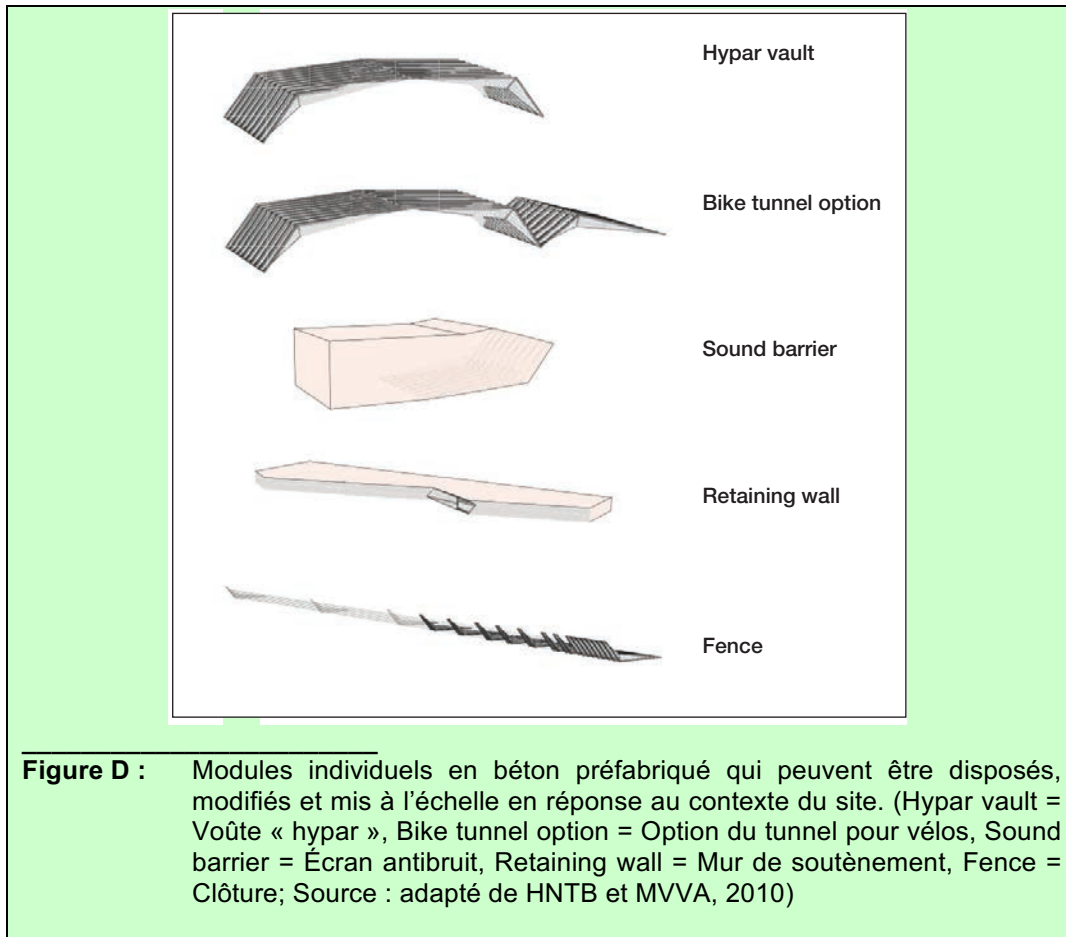


HNTB and MVVA (2010)

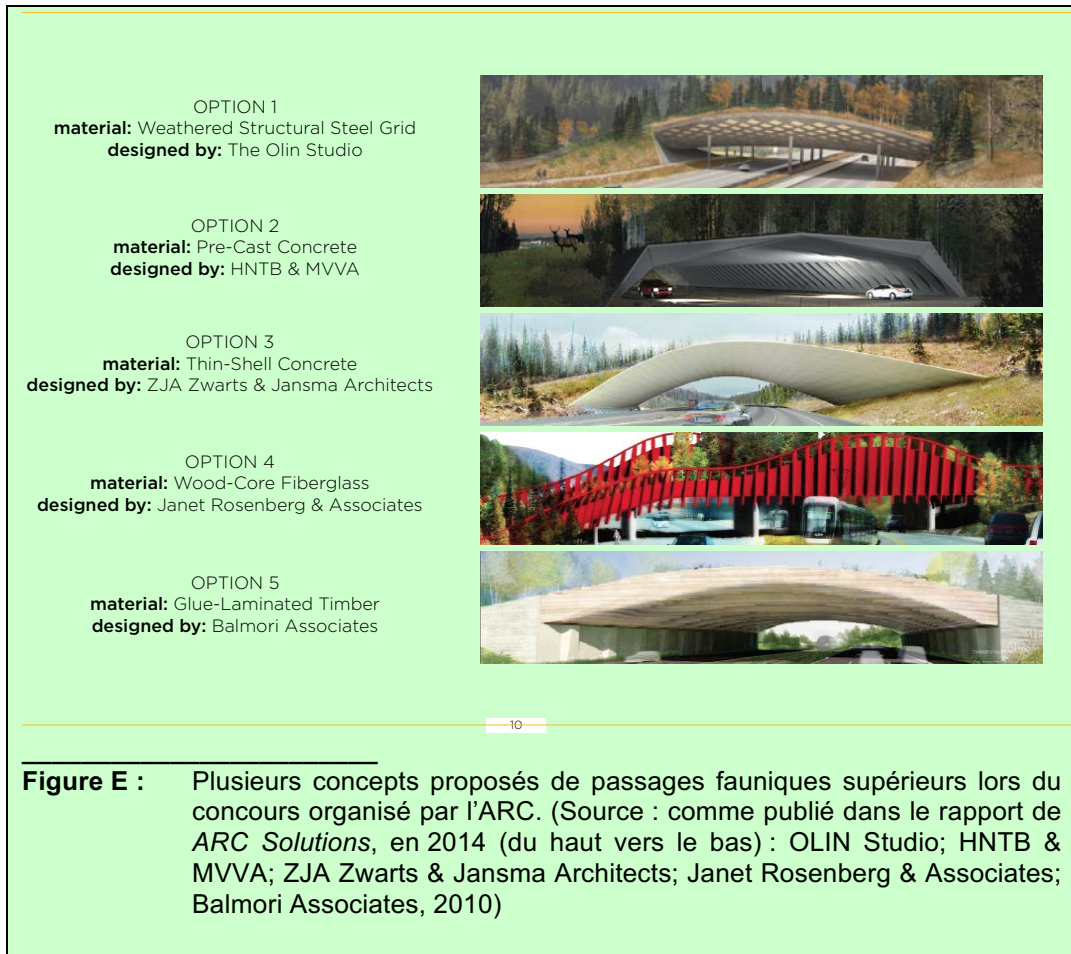
**Figure C :** La superposition de deux mondes : une structure sans piliers de même qu'un concept modulaire qui intègre un passage faunique supérieur, une construction qui utilise du béton préfabriqué (Source : HNTB et MVVA, 2010)

Les modules en béton peuvent facilement être préfabriqués dans de nombreuses installations partout sur le continent, ce qui réduit les coûts de transport et de construction. De plus, les formes ou modules peuvent être assemblés sur place, ce qui donne lieu à un minimum de perturbations au site (de même que pour les coûts). Fait important qui concerne l'adaptation au climat, les modules « hypar » en béton peuvent aussi être étendus ou modifiés avec facilité sur place, si les données de suivi indiquent un changement dans le déplacement des animaux sauvages ou bien selon les exigences (Figure D). Les autres propositions présentées ont également offert des solutions novatrices face aux tâches exigeantes du concours organisé par l'ARC (Figure E; Annexe A6.4).

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



## 6.10 Améliorations de la conception des clôtures

Quelle conception de clôture est la plus efficace pour les mammifères de moyenne et petite taille? Cette question dépassait le cadre du projet actuel puisque toutes les clôtures étaient du même type, qu'elles avaient la même longueur et que les extrémités de la clôture avaient la même forme (extrémités droites, figure 6.5a). Il s'avère possible de rendre plus efficace la conception des clôtures car la mortalité routière dans les sections clôturées était plus élevée que prévue (section 4.1.1). De telles améliorations valent la peine d'être prises en considération. Nous recommandons une étude de suivi dans le but de répondre aux questions suivantes concernant la conception actuelle des clôtures :

- (1) Est-ce que les animaux franchissent les clôtures ou passent-ils à travers?
  - (a) en grimpant par-dessus,

- (b) en passant à travers,
  - (c) en creusant sous celles-ci?
- (2) Se déplacent-ils aux alentours des extrémités de clôtures?

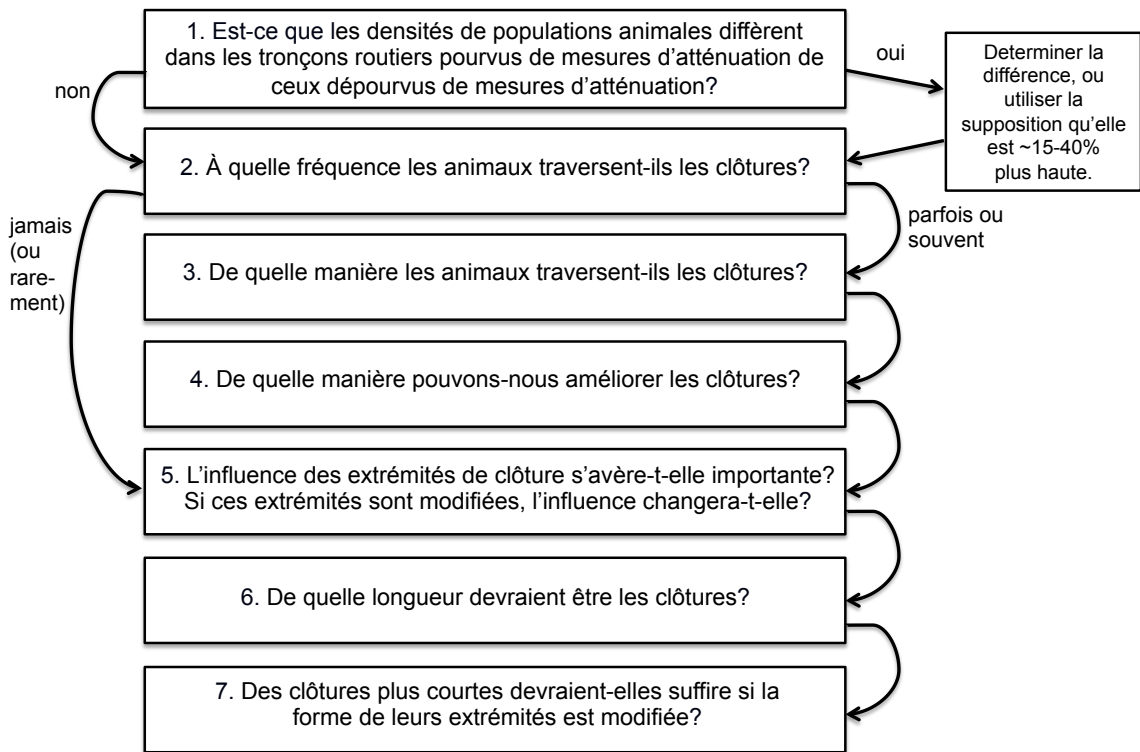
Il est également suggéré d'étudier les options suivantes pour améliorer l'efficacité des clôtures. Par exemple, il peut s'avérer possible que les martres, notamment les juvéniles, puissent franchir les clôtures déjà installées en se glissant à travers les mailles (6 cm X 6 cm).

En général, les modifications qu'il y aurait lieu d'apporter aux clôtures comprennent :

- (1) la longueur,
- (2) la conception de la partie supérieure, afin de prévenir les animaux de grimper par-dessus,
- (3) les matériaux utilisés et les dimensions des mailles,
- (4) la conception de la partie inférieure afin de prévenir les animaux de creuser en dessous,
- (5) la conception des extrémités de clôture.

Il apparaît sensé d'étudier en premier lieu la conception des clôtures avant l'influence de leurs longueurs (Recommandation 6.11). L'ordre logique des questions à l'étude que nous estimons les plus pertinentes est présenté à la figure 6.10.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

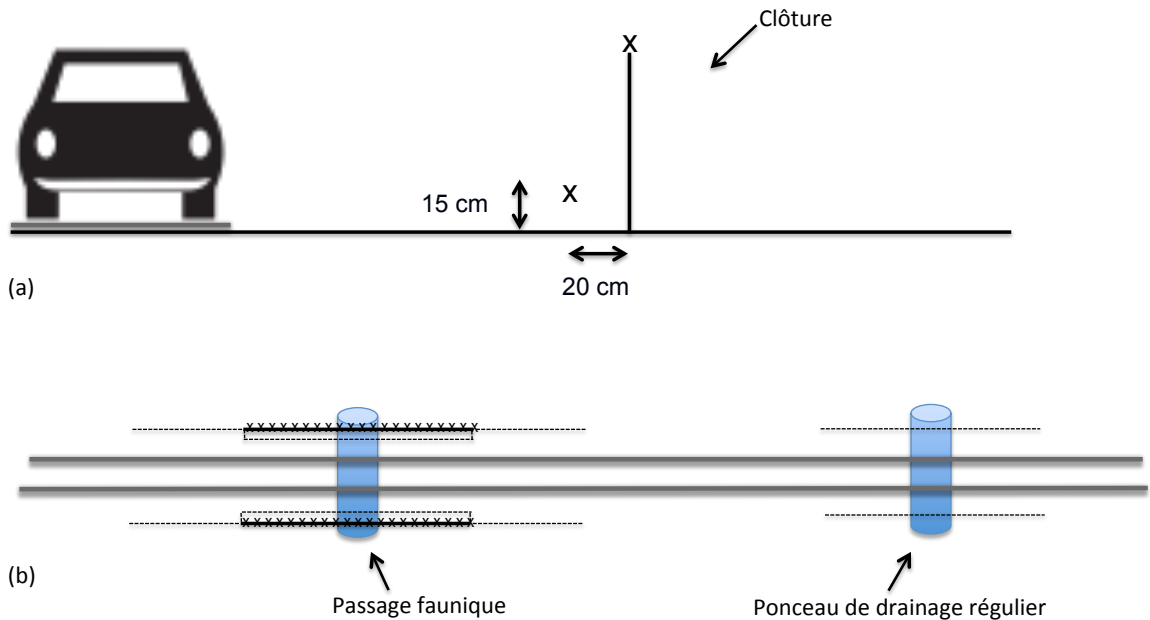


**Figure 6.10** Dans le but de réaliser une étude approfondie, nous recommandons de traiter les questions dans l'ordre suivant

Pour répondre à ces questions, nous proposons le protocole d'étude illustré à la figure 6.11. Il consiste à disposer des pièges à poils en deux rangées le long d'une clôture à l'aide de fil de fer barbelé ou de ruban adhésif. La première rangée est placée à 20 cm de la clôture, du côté de la route pour déceler la présence des animaux qui traversent la clôture, soit en creusant sous la clôture ou en grimpant par-dessus celle-ci. Quant à l'autre rangée, elle est placée sur le dessus de la clôture afin de détecter les animaux qui traversent la clôture en grimpant par le dessus. Ainsi, la présence des animaux qui franchissent la clôture en grimpant sera décelée à deux occasions : l'une au-dessus et l'autre à côté de la clôture.



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

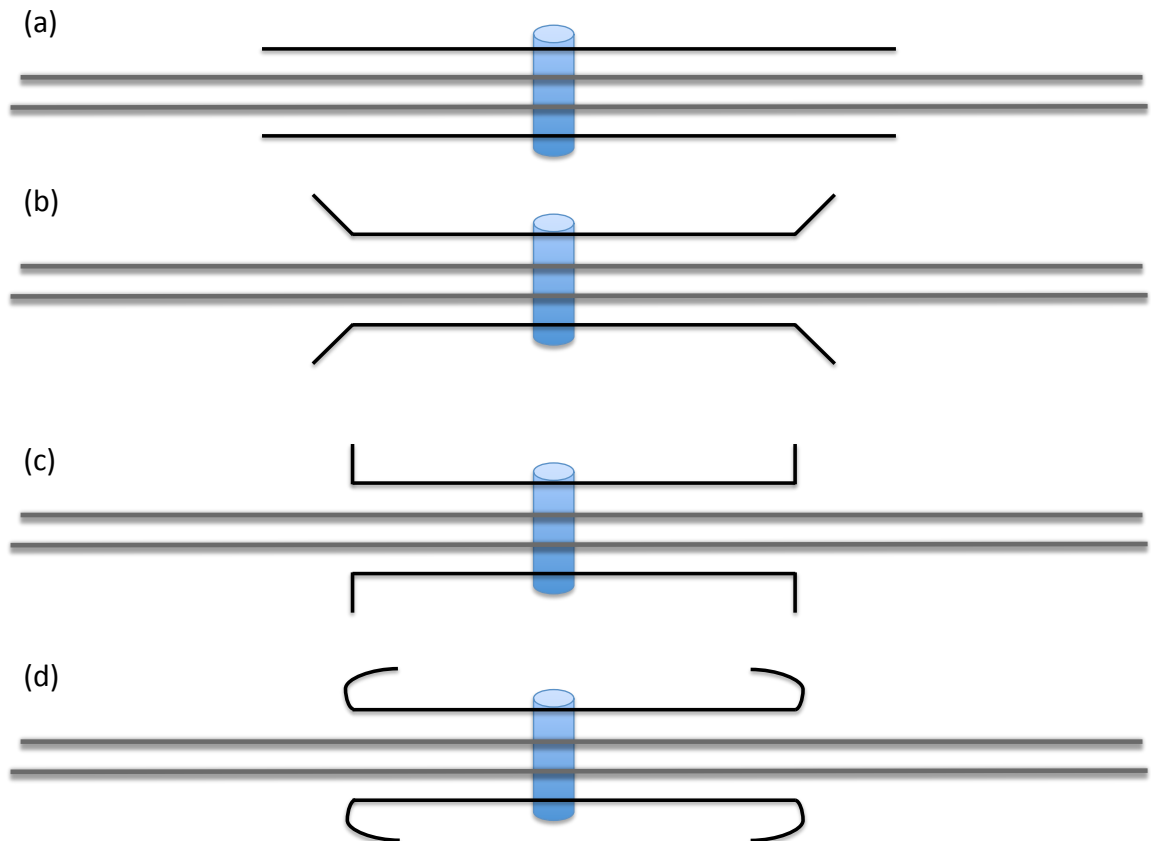


**Figure 6.11 Proposition relative à un modèle d'étude qui traite des questions 2 (À quelle fréquence les animaux traversent-ils les clôtures?), 3 (De quelle façon les animaux traversent-ils les clôtures?) et 5 (L'influence des extrémités de clôture s'avère-t-elle importante?).** (a) une vue depuis le côté. (b) vue du dessus. Les symboles  $x\ x\ x\ x\ x$  et  $- - -$  représentent le fil de fer barbelé ou le ruban adhésif afin de recueillir des échantillons de poils de fourrure. Les ponceaux de drainage réguliers ou les passages fauniques, tous les deux non clôturés, servent en tant que contrôles.

Aux extrémités de la clôture, la collecte de poils de fourrure à l'aide du fil devrait s'étendre sur 50 à 100 m pour détecter les animaux qui se déplacent aux alentours de celles-ci. Pour évaluer si le nombre d'individus s'avère supérieur à celui observé près des passages dépourvus de clôtures, ils seront comparés aux échantillons de poils recueillis le long du fil de fer à l'emplacement d'un ponceau régulier (ou passage faunique) non clôturé.

Les animaux tués à l'intérieur de segments clôturés ont pu se rendre au point de collision par un déplacement en diagonale sur la route depuis les extrémités de clôture plutôt que de grimper par-dessus celle-ci. Par conséquent, la capture de poils s'impose autant à côté qu'au-dessus des clôtures, et non seulement à leurs extrémités.

Le porc-épic d'Amérique s'avère une très bonne espèce cible dans le cadre de cette étude, car les individus demeurent sensibles à l'effet des clôtures. De même, les améliorations apportées à celles-ci et qui pourront fonctionner pour eux le devraient également pour de nombreuses autres espèces.

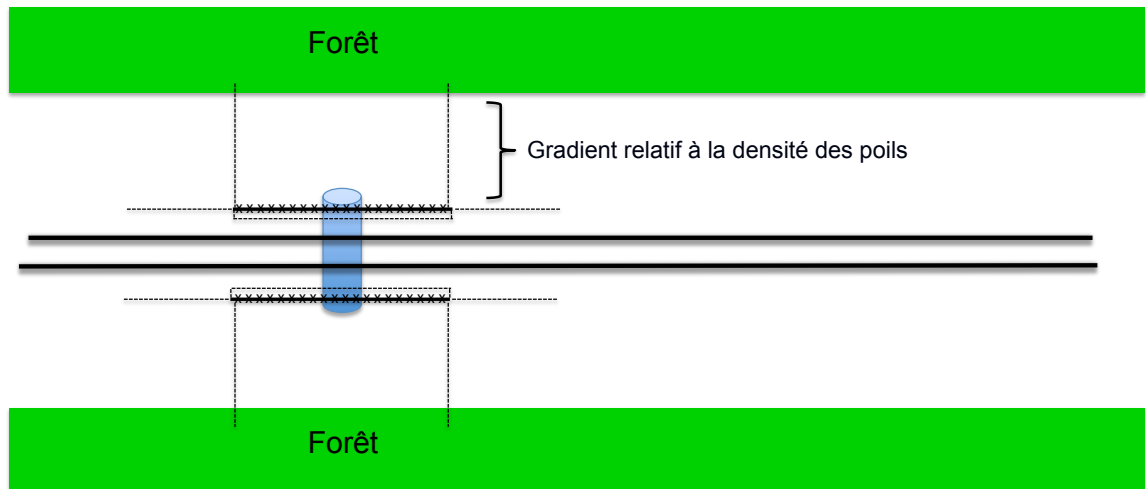


**Figure 6.12** Proposition d'un modèle d'étude qui traite des questions 5 et 7 (l'influence de la forme des extrémités de clôtures). (a) clôtures installées en ligne droite, (b) avec un angle de 45°, (c) avec un angle de 90° et (d) selon une forme de crochet (comme proposé le long de l'autoroute 401 en Ontario, à l'utilisation des tortues et toute autre herpétofaune, Danby et coll. 2016)

Afin de traiter des questions 5 et 7, des formes différentes d'extrémités de clôture peuvent être comparées (figure 6.12). L'installation des extrémités peut être conçue avec un angle de 45 degrés, de 90 degrés ou en forme de crochet. Elles peuvent toutes être comparées afin de déterminer pour une même longueur totale laquelle des conceptions s'avère plus efficace à réduire le nombre d'animaux tués sur les routes que les clôtures installées en ligne droite. Pour une réduction comparable de la mortalité routière, ces résultats peuvent servir à évaluer jusqu'à quel point la longueur ainsi que les coûts peuvent être réduits grâce à de telles extrémités de clôture modifiées. Une option

consisterait à envisager une seule extrémité avec un angle, plutôt que les deux, afin de réduire le nombre de réplicats (un réplicat correspond à une extrémité) et de traiter la clôture au sein des traitements comme un effet aléatoire.

Une rangée supplémentaire de pièges à poils peut être mise en place avec un minimum d'efforts entre les extrémités de clôture et la forêt (Figure 6.13). Cette approche fournirait davantage d'information détaillée à propos des déplacements des animaux entre la forêt et la clôture, permettant de faire des inférences plus solides à partir de ces données. Par exemple, les animaux qui se déplacent le long de la clôture et au pourtour des extrémités et qui se dirigent vers la chaussée laisseraient des échantillons de poils sur les deux rangées.



**Figure 6.13** Le modèle d'étude qui est proposé à la figure 6.11 traite de la question 5 (L'influence des extrémités de clôture s'avère-t-elle importante?). Il pourrait être amélioré davantage par l'ajout de fil de fer barbelé et de ruban adhésif entre les extrémités de clôture et la forêt. Cette mesure permettra de déterminer si les animaux détectés près de ces extrémités proviennent de la zone située entre les clôtures et la forêt. Un gradient relatif à la densité des poils reflète le nombre d'animaux qui se déplacent le long de la clôture.

Certains tronçons pourvus uniquement de clôtures (sans aucun passage faunique) pourraient également être pris en compte afin de pouvoir déterminer jusqu'à quel point ces ouvrages routiers destinés à la faune aident à réduire la mortalité associée aux routes au sein des segments clôturés. Des exemples de design de clôtures sont disponibles dans la littérature. Ainsi, le guide « *Wildlife*

*Crossing Structures Handbook* » propose conçues pour les vertébrés de petite et moyenne taille de replier la partie supérieure (4 à 6 cm) de la clôture à un angle de 45 degré en direction de la forêt afin de décourager les animaux qui désirent grimper par-dessus le grillage (Clevenger and Huijser 2011: 182)

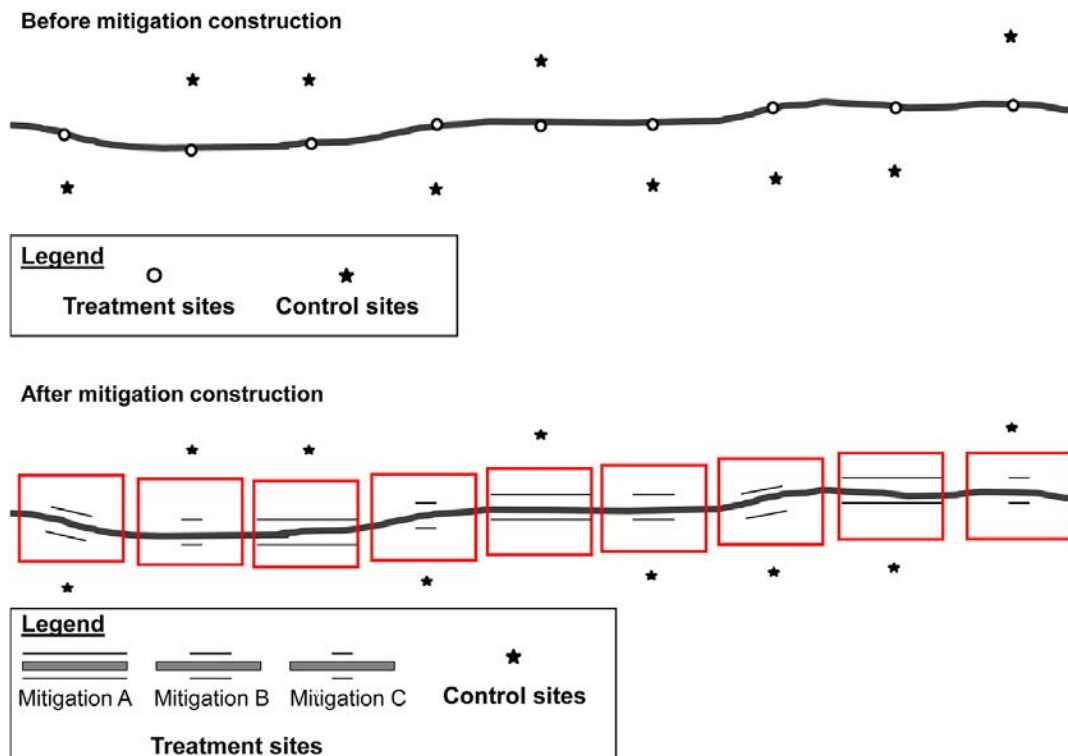
Une revue détaillée de la littérature qui porte sur la conception des clôtures s'avérait très utile.

Cette recommandation concerne la route 175 et elle s'avère également très pertinente pour d'autres régions du Québec.

### **6.11 Étudier l'effet de la longueur des clôtures**

Nos résultats soulignent l'importance de mener des études sur l'effet de la longueur des clôtures installées autant le long de la route 175 que les autres axes routiers au sud du Québec. Des clôtures assez longues doivent être installées pour que les nombres plus élevés de mortalité trouvés aux extrémités de clôture sur les routes (à cause du déplacement des tentatives de franchissement) soient compensés par une réduction de la mortalité liée aux segments clôturés où les cas de mortalité s'avèrent faibles (voir aux sections 4.1.1 et 5.1.6). Afin de répondre à cette question de recherche, un modèle d'étude expérimentale adéquat s'impose (à l'opposé du nôtre qui s'avérait être par observation et qui ne faisait pas appel à de la manipulation). Les tronçons de route qui se caractérisent par diverses longueurs de clôture doivent être comparés, et ceux à clôturer doivent être choisis au hasard afin de maîtriser les variations de densité de population dans l'environnement adjacent. Afin de répondre à la question qui porte sur la longueur de clôtures requise pour une longueur de route donnée, le modèle d'étude expérimentale BACI devrait s'avérer le plus efficace. À noter qu'il s'agit aussi de la quatrième question posée dans l'article qui s'intéresse à des modèles d'étude adéquats pour des travaux de recherche sur les mesures d'atténuation associée aux routes (Rytwinski et coll. 2015). Ainsi, l'axe routier serait divisé en zones de taille identique auxquelles les chercheurs répartissent de façon aléatoire des longueurs différentes de clôtures (figure 6.14).

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**Figure 6.14** Modèle d'étude expérimentale « BACI » recommandé pour répondre à la question : « Pour une longueur d'axe donnée, quelle proportion devrait être clôturée afin de réduire la mortalité routière d'un nombre déterminé d'espèces pour que la taille de population ressemble le plus aux conditions qui prévalent aux secteurs exempts de routes? » Des données (p. ex., taille de population relative) sont recueillies avant et après l'installation des clôtures aux sites en traitement de même que témoins. L'axe routier serait divisé en zones de taille identique (carrés rouges) auxquelles les chercheurs répartissent de façon aléatoire des longueurs différentes de clôtures. Ici, trois proportions différentes d'axe routier clôturé par tronçon sont comparées (c.-à-d. 100 %, 50 % ou 25 %). Chacun des trois traitements est reproduit autant de fois en parallèle (Source : Rytwinski et coll. 2015)

Le nombre de différents traitements possibles dépendra de la longueur totale de l'axe routier et du budget alloué au projet. Selon le type de clôture (p. ex., pour amphibiens par rapport à celle pour mammifères de moyenne taille ou celle pour ongulés) et la nature du terrain, cette conception s'avère sur le plan logistique plus ou moins facile à mettre en œuvre à titre expérimental. Pour de plus amples explications, consultez la publication de Rytwinski et coll. (2015). « Devons-nous utiliser des clôtures disposées en entonnoir pour guider les

animaux à franchir les structures, et quelle longueur une telle mesure devrait-elle atteindre? ». De même, « Où doit-on mettre en place des structures de franchissement ou des clôtures? » Toutes ces questions connexes peuvent également être étudiées à l'aide des modèles d'étude expérimentale proposés par Rytwinski et coll. (2015).

Plus récemment, Rytwinski et coll. (2016) ont recueilli les données de toutes les études publiées dans le monde qui portaient sur la longueur requise de clôture afin de réaliser une méta-analyse. Ils ont décelé une tendance à l'instar d'une étude menée par Huijser et coll. (2016), que les clôtures plus longues diminuaient davantage le nombre d'animaux tués sur les routes (par km de route clôturée) que les plus courtes. Cependant, ce résultat issu de leur méta-analyse ne s'avère pas significatif d'un point de vue statistique parce que le nombre d'études disponibles qui comparaient les diverses longueurs de clôture ne suffisait toujours pas. De plus, plusieurs études existantes ne comprenaient pas: (1) de comparaisons entre sites aménagés avec mesure d'atténuation et sites qui en étaient dépourvus (témoins); (2) de données avant la mise en place de mesures d'atténuation (données « avant »); (3) de réplicats dans l'espace et le temps ainsi que (4) de répartition aléatoire des sites en traitement et témoins à partir du bassin de sites potentiels pour l'étude. Ce contexte rend donc difficile la tâche de tirer des conclusions à partir de telles études (pour de plus amples renseignements, voir à la section 5.1.8).

## **6.12 Évaluer à l'échelle des populations l'effet de la mortalité routière et des mesures d'atténuation**

Une étude au niveau de la population est nécessaire pour répondre à la question si les nombres des animaux tués sur la route sont soutenables pour les populations présentes et s'ils sont cohérents avec les missions que se sont données la RFL, le PNJC et la FM. Par conséquent, les effets engendrés par la mortalité causée par la circulation routière devraient être évalués à l'aide d'une analyse de la viabilité des populations (AVP) qui reflète la situation actuelle (Beissinger et McCullough 2002). L'utilisation des AVP a été bien établie au cours des 20 dernières années. Tant qu'une telle étude ne sera pas réalisée et que les clôtures ne seront pas allongées, les effets négatifs de la mortalité routière sur les populations se poursuivront. Nous recommandons une telle étude pour toutes les espèces dont l'intervalle de prévision chevauche la valeur « 0 » (Figure 5.2). Notre étude a identifié le porc-épic et le renard roux (Figure 6.15) comme les espèces pour lesquelles une telle étude est la plus souhaitable.

La route affecte les populations de différentes espèces fauniques de différentes manières parce que certaines espèces demeurent plus vulnérables que d'autres aux dangers occasionnés par les routes et la circulation. Leur vulnérabilité dépend de plusieurs traits d'histoire de vie :

- faible taux de reproduction,
- maturité sexuelle tardive,
- masse corporelle supérieure,
- mobilité intrinsèque élevée (des domaines vitaux de grande dimension ou bien de grandes distances de dispersion),
- besoins en ressources multiples (qui nécessitent des déplacements entre celles-ci),
- migration entre les habitats d'été et d'hiver,
- exigences de grande superficie et faible densité de population,

et des réactions comportementales des espèces envers les routes et la circulation :

- attirance envers des surfaces chaudes et ensoleillées,
- faible tendance à éviter la chaussée,
- faible vitesse de déplacement sur la chaussée (nécessite beaucoup de temps pour traverser la chaussée),
- faible tendance à éviter les véhicules,
- faible tendance à éviter les bruits de la circulation,
- tendance à éviter les grandes distances de perturbation causée par la circulation,
- tendance à éviter de traverser les milieux ouverts en forêt.

Ces traits de l'histoire de vie et le type de réaction comportementale aux routes ne peuvent pas être changées. Des mesures d'atténuation telles que l'installation de clôtures et de passages fauniques sont les seules options pour réduire la mortalité routière.



**Figure 6.15** Un renard roux tué par le trafic routier. (Photo : Université Concordia)

En ce qui a trait aux autres espèces les plus vulnérables, la liste comprend la loutre de rivière, le pékan, le castor du Canada et le lynx du Canada.

Cependant, la situation qui touche les martres s'avère toutefois différente. Elles ne semblent pas affectées davantage par la mortalité sur la route 175. Habituellement, les martres se déplacent plus rapidement lorsqu'elles traversent des milieux ouverts que des milieux forestiers. Selon toute vraisemblance, elles se dépêchent à traverser la route lors de rares occasions où elles tentent une traversée. Cependant, une large emprise constitue une ouverture importante dans leur habitat. Nos données suggèrent que les martres traversent beaucoup moins souvent la route 175 (à quatre voies) que la route 381 (à deux voies) et que le piégeage, l'effet de barrière de la route et d'autres facteurs pourraient avoir des conséquences génétiques (voir aussi Jackson et Fahrig 2011). Les martres évitent de traverser les milieux ouverts; et par conséquent, nous recommandons que les distances qui séparent la forêt des entrées de passage soient diminuées (Recommandation 6.3). Cette mesure peut faciliter la découverte des passages et ensuite l'utilisation par les martres de ces infrastructures.

L'approche de réduire la mortalité routière par la mise en place de clôtures ne s'avère pas une mesure d'atténuation adéquate pour les espèces qui bénéficient de la présence des routes. Les passages fauniques ne peuvent pas également contrôler les populations de ces espèces, car ils sont inadéquats. La réintroduction de prédateurs risque de devenir une meilleure stratégie, comme discuté dans un récent article signé par Gilbert et coll. (2016). Ces écologistes ont plaidé pour le retour des grands carnivores afin de réduire les collisions entre la faune et les véhicules, en particulier pour les herbivores comme le cerf de Virginie. Des arguments similaires peuvent aussi s'appliquer à d'autres espèces qui sont affectées de façon positive par la présence des routes. En conséquence, nous recommandons en premier lieu de prendre des mesures pour éviter des changements qui favoriseraient les espèces tolérantes aux routes en prenant une approche proactive.

Des mesures de protection (clôtures et passages fauniques) qui visent le porc-épic et le renard roux joueront aussi le même rôle pour de nombreuses autres espèces.

Lors de l'analyse des effets à l'échelle de la population, l'effet cumulatif de toutes les activités humaines doit être considéré (route, exploitation forestière, piégeage, mise en place de corridors de ligne de transport d'énergie). Il est possible que des estimations plus précises des mortalités routières soient requises en réalisant des relevés à long terme et en déterminant avec plus de précision les probabilités de détection et de persistance des carcasses (voir Recommandation 6.15).



Il peut également être utile de demander aux trappeurs s'ils ont perçu des changements dans l'état des populations animales ou dans le succès de piégeage depuis l'élargissement de la route 175, particulièrement pour le renard roux. Cette information devrait être recueillie sur différents terrains de piégeage situés à différentes distances de la route 175 puisque les changements dans les effectifs devraient être les plus importants dans les terrains situés près de la route comparativement à ceux qui en sont éloignés.

### **6.13 Poursuivre le suivi de l'utilisation des passages fauniques déjà aménagés**

Il serait très utile de poursuivre le suivi de l'utilisation des passages fauniques aménagés le long de la route 175 pour les raisons suivantes:

- Cette mesure nous permettra de distinguer les tendances temporelles de l'utilisation des passages fauniques selon les fluctuations d'abondance des populations.
- Il s'avère possible que plus d'espèces puissent s'habituer à la présence de ces structures et les utilisent plusieurs fois dans le futur comme l'ont observé Gagnon et coll. (2011). Cependant, ce phénomène demeure assez incertain, car les passages sont très longs et un suivi est nécessaire afin de fournir cette information très utile sur l'accoutumance.
- Les auteurs de certaines études ont fixé entre 12 et 20 ans la période minimale requise pour déterminer les avantages d'une mesure d'atténuation à l'échelle de la population.
- L'effort nécessaire à installer des appareils photo et remplacer leurs cartes SD demeure faible. L'analyse des images prises peut ensuite être effectuée plus tard.
- Une comparaison qui porte sur l'utilisation de ponceaux de drainage réguliers peut s'ajouter facilement en utilisant la même méthode (voir la recommandation 6.14).

Le comportement des animaux en réaction aux différentes méthodes d'observation peut également être examiné. Par exemple, les renards semblent avoir peur des appareils photo, tels qu'observés sur les images prises de l'intérieur des passages. Mais, pourraient-ils les utiliser davantage si aucun de ces appareils n'était installé? Une autre méthode d'observation devrait être envisagée pour les renards.

Nous avons observé une forte relation négative entre l'année en cours de l'étude et le nombre de visites effectuées aux passages fauniques. Ceci peut s'expliquer par des variations temporelles dans l'abondance des populations fauniques dans les habitats à proximité et par les fluctuations d'abondance des micromammifères en particulier (voir à la figure 4.14, et comme indiqué à la

section 5.1.5). L'abondance de plusieurs populations animales qui sont présentes dans la zone d'influence de la route pourrait diminuer en raison de la mortalité associée aux routes. On ne peut exclure la possibilité que cette mortalité qui survenait sur l'axe routier 175 ait déjà contribué à la baisse du nombre de visites dans les passages fauniques. Toutefois, notre étude s'avérait trop courte afin de bien distinguer cet effet engendré à partir des fluctuations démographiques propres à l'espèce. Une plus longue période de suivi s'impose pour faire la distinction de ces différents mécanismes possibles (fluctuations naturelles des populations et diminution des populations peu importe les fluctuations naturelles). Donc, **le suivi devrait s'échelonner sur une période plus longue** (correspondante à plusieurs cycles démographiques).

Si le suivi en continu n'est pas possible, il faudrait procéder au suivi selon des intervalles réguliers (p. ex. à tous les 3 ans ou 5 ans). Cependant, l'absence de données dans un suivi temporel va réduire les inférences et la puissance statistique qu'il sera possible de réaliser ou d'obtenir avec le jeu de données.

Le nombre observé de franchissements complets s'avère ici une sous-estimation des vrais chiffres liés à ceux-ci. Par conséquent, il serait souhaitable de réexaminer les photos prises à l'intérieur des passages fauniques au cours des années 2012 à 2015 pour une prise en compte plus détaillée des cas où il n'a pas été possible de déterminer si un animal avait effectué une exploration ou un franchissement complet (seule son entrée ou sa sortie a été observée par les appareils photo). Cette nouvelle analyse peut donner lieu à des estimations plus précises des probabilités d'une utilisation réussie des passages (étant donné que l'animal a découvert l'un d'entre eux) comme de l'influence de variables susceptibles de nuire à ces probabilités. Il s'avère peut-être également possible d'estimer les probabilités de détection à partir de tant de données détaillées. Soit une caractérisation quantitative des habitats ou bien un indice de productivité faunique globale qui combinerait la diversité floristique, l'abondance de débris ligneux, l'obstruction latérale de même que la présence d'eau libre serait utile et pourrait être incluse dans l'analyse (J.-F. Dumont, communication personnelle).

Les probabilités de détection des animaux surveillés à l'aide de pièges photographiques pourraient également faire l'objet d'une étude plus approfondie. Puisque les appareils ne peuvent détecter les mouvements de tous les animaux, le **nombre réel** de découvertes du passage comme de franchissements complets s'avère **nettement plus élevé** que ce que nos données indiquent. Une telle étude a récemment été réalisée en France par Jumeau et Handrich (2016) qui ont constaté que 15 à 20 % des mammifères de moyenne taille et de 45 à 50 % de petite taille échappent aux caméras Reconyx HC600 dans les passages inférieurs. Ils en concluent que le nombre

d'animaux qui ont emprunté les passages est significativement sous-estimé lorsque les appareils à prise d'images sont utilisés, ce qui peut introduire un biais important à propos de l'efficacité de des passages à faune. Ils ont aussi observé une réaction comportementale des animaux pendant au moins 5 semaines après l'installation des dispositifs de suivi dans les passages inférieurs à la suite de la présence humaine. De plus, l'utilisation durant la nuit de ces mêmes structures par les carnivores s'avérait moindre, après que des humains eurent effectué des visites afin de remplacer les cartes mémoire et les piles. Par conséquent, nous recommandons de prêter attention aux odeurs laissées près des dispositifs chaque fois que ces accessoires sont remplacés (Jumeau et Handrich 2016). L'utilisation de gants serait donc appropriée pour réduire cet effet potentiel.

Cette recommandation concerne la route 175 mais elle s'avère également pertinente pour tout autre axe routier du sud du Québec où des passages fauniques sont mis en place ou seront installés.

#### **6.14 Suivi de l'utilisation des ponceaux de drainage réguliers**

La faune pourrait utiliser les ponceaux de drainage réguliers. À titre d'exemple, Kays (2011) a rapporté que des pékans en milieu urbain ont emprunté régulièrement ce type de structure à Albany, NY. Seraient-ils aussi efficaces que des passages fauniques, s'ils étaient pourvus de clôtures à faune de taille moyenne? Afin de répondre à cette question, ces structures devraient faire l'objet d'un suivi dans le but de déterminer si elles sont utilisées et à quelle fréquence, de même que par quelles espèces.

Il serait aussi intéressant d'installer des clôtures d'abord avec certains ponceaux et de comparer l'utilisation par la faune des ponceaux en ayant différentes longueurs de clôtures et avec des ponceaux sans clôtures selon un modèle d'étude expérimentale BA (une comparaison des données avant et après leurs installations). De plus, ces résultats pourraient être comparés avec des passages fauniques véritables et pourvus des mêmes longueurs de clôtures.

#### **6.15 Suivi de la mortalité routière et amélioration des estimations des probabilités de détection des animaux tués sur la route et des durées de persistance**

Nous recommandons des estimations plus précises en ce qui regarde le nombre d'animaux tués sur les routes (en fonction de relevés entrepris à long

terme), les probabilités de détection de même que les durées de persistance des carcasses. Pour pouvoir estimer de façon plus précise les taux de mortalité routière et de bien identifier les tendances à long terme et de les distinguer des fluctuations stochastiques de l'abondance de la population et pour pouvoir identifier plus précisément les zones de concentration des mortalités routières et d'évaluer leur robustesse dans le temps, il est recommandé de poursuivre la réalisation de relevés de mortalités routières. Cette information sera utile pour l'étude à l'échelle de la population (Recommandation 6.12) puisque les données sur la densité des populations locales et les mortalités routières doivent être recueillies *pour les mêmes années*. Si une gestion adaptative est utilisée, il est important de considérer que cette dernière (passive ou active) requiert des suivis précis sur une base régulière (Sinclair et al. 2006). Les estimations du dénombrement des animaux tués sur les routes peuvent aussi être transmis au MFFP et pris en considération dans leurs stratégies de gestion.

Les populations fauniques dans la RFL présente des fluctuations d'abondance. Nos relevés de mortalité couvrent uniquement quatre périodes estivales. Or, cet intervalle de temps s'avère trop court pour distinguer les tendances démographiques globales des fluctuations d'abondance. Des données de périodes plus longues s'imposent (p. ex. de 12 à 16 ans). Il serait intéressant d'inclure les oiseaux et les amphibiens dans les suivis. L'analyse génétique peut être utilisée pour identifier les espèces de carcasses qui ne peuvent être identifiées par inspection visuelle.

Nos données indiquent que la plupart des espèces étaient plus souvent observées lors des relevés effectués en matinée, notamment pour les petits mammifères, alors que trois autres l'étaient en soirée (renard roux, porc-épic d'Amérique et marmotte commune; voir aux sections 4.1.3 et 5.1.7). Afin de pouvoir corriger pour les différences notées lors du calcul des taux de détection, nous recommandons une combinaison de relevés réalisés en matinée de même qu'en soirée. Si cette mesure s'avère impossible, les relevés du matin devraient être priorisés à ceux du soir. Une collaboration issue de l'unité d'urgence Patrouille Secours et des patrouilleurs de monitoring en périphérie (Centre d'opérations de Québec) est importante. À défaut, ces intervenants peuvent retirer de la chaussée les carcasses des mammifères de taille moyenne, ce qui entraînerait cependant une sous-estimation importante des animaux tués sur les routes.

Par conséquent, il est également recommandé de réviser le plan de suivi pour la route 175 (Jaeger et Clevenger 2012) en fonction des résultats issus de ce projet de recherche.

La poursuite du suivi de la mortalité routière sera particulièrement utile pour les espèces pour lesquelles les intervalles des estimations de la mortalité routière demeurent très étendues (Tab. 5.5). Une étude à plus long terme qui porterait

sur la probabilité de détection des animaux trouvés morts sur la chaussée et en marge de cette dernière pourrait permettre de produire de meilleures estimations. Nous recommandons donc la réalisation d'une étude visant à obtenir des estimations plus précises de la probabilité de détection et de la persistance des animaux trouvés morts pour les espèces pour qui les intervalles actuels demeurent très étendues, par exemple l'écureuil roux, la belette à longue queue et l'hermine. En fonction des résultats présentés au tableau 4.5 (à la section 4.1.2), nous proposons que le nombre de relevés de mortalité en duplicata (en utilisant deux voitures) devienne de 4 à 6 fois plus fréquent que celui réalisé jusqu'à présent, c.-à-d. de 180 à 270 au lieu de 45 jours. Cette mesure peut s'appliquer dans le cadre d'un suivi continu de la mortalité routière. Les taux de décomposition et le retrait des carcasses par des charognards devraient être pris en considération lors d'une étude ultérieure sur les espèces de petite et moyenne taille. Ces informations sont importantes afin de produire une estimation plus précise de la mortalité routière totale pour les mammifères de petite et de moyenne taille, et en particulier pour ce premier groupe d'animaux, en corrigeant les valeurs en fonction des probabilités de détection (incluant les animaux morts à l'extérieur de la chaussée sur le bord) et la durée de persistance des carcasses (p. ex., à partir d'une approche proposée par Teixeira et coll. 2013). Coelho et coll. (2014), auteurs du logiciel d'identification de points chauds nommé *Siriema*, recommandent: «Il est important d'évaluer la capacité de détection d'une méthode qui est utilisée dans une étude spécifique et sur une route spécifique» (Coelho et coll., 2014, p. 27). La probabilité de détection et la durée de persistance des carcasses peuvent alors être déterminées en fonction de la masse corporelle des espèces (ou par espèce, si ces nombres s'avèrent suffisamment élevés), du moment de la journée, de même que des conditions météorologiques. Il serait également utile d'en savoir davantage, dans quelle mesure la probabilité de détection dépend-elle de l'expérience des observateurs (plusieurs facteurs pourraient être pris en compte ici). Nous estimons que l'amélioration des estimés sur le nombre d'animaux tués sur la route 175 pourraient être très utiles au MFFP pour leurs stratégies de gestion conformément au mandat de la RFL afin d'assurer "une exploitation faunique selon le principe du développement durable" et "le maintien de la biodiversité". Ces données et informations spatiales (localisations) peuvent également être intéressantes pour le PNJC ainsi que la FM. Ainsi, ces derniers prendront en considération l'incidence de la route 175 lors de leurs prises de décisions en gestion puisque des secteurs importants du PNJC et de la FM sont situés à l'intérieur de la ZER. Cette recommandation concerne la route 175 et elle s'avère également pertinente pour tout autre axe routier du sud du Québec.

## **6.16 Avantages d'utiliser à bon escient le grand potentiel de la route 175 pour des travaux de recherche**

La poursuite de la recherche en continu le long de la route 175 peut contribuer de façon importante à l'amélioration des connaissances sur l'efficacité des mesures d'atténuation qui sont requises de toute urgence. En plus, elle informe sur les mesures d'atténuation améliorées mises en place aux abords de cet axe routier. Également, elle peut fournir de précieuses connaissances novatrices pour d'autres régions du Québec comme du Canada, et même tout autre pays du monde où des espèces semblables vivent. La RFL sert de laboratoire sur le terrain de calibre mondial pour mener ce type de recherche, comparable au parc national Banff.

Plus de 40 types de mesures d'atténuation associées aux routes existent déjà, elles sont destinées à réduire la mortalité de la faune sur les axes routiers. Pour les concepteurs de routes, la prise de décision qui touche les mesures d'atténuation à mettre en place est rendue difficile. En raison de l'information qui traite de l'efficacité relative de ces dernières afin de réduire la mortalité, celle-ci est éparpillée dans la littérature grise et scientifique, présente de nombreuses lacunes, il s'avère alors difficile de se prononcer. Également, les coûts de telles mesures varient beaucoup. La récente méta-analyse menée par Rytwinski et coll. (2016) a permis aux auteurs de constater que les mesures d'atténuation réduisent dans l'ensemble la présence d'animaux tués sur les routes de 40 % par rapport au groupe témoin (voir à la section 5.1.8). Quant aux clôtures, elles la réduisent de 54 % en moyenne (pour toutes les études réunies, qu'elles tiennent compte ou non des passages fauniques). Par contre, la méta-analyse n'a pas permis de déceler une quelconque influence de ces structures sur la mortalité routière sans que des clôtures soient installées. La diminution de la mortalité chez les grands mammifères causée par la circulation s'élevait à 83 % et elle est attribuable à la mise en place de clôtures combinées à des passages fauniques. La diminution de la mortalité atteignait alors 57 % pour les systèmes de détection animaliers et seulement 1 % pour les réflecteurs qui avertissent les animaux sauvages. L'étude a aussi démontré que les données s'avèrent insuffisantes afin de mettre à l'essai les nombreuses questions que se posent les concepteurs de route en ce qui regarde les mesures d'atténuation efficaces le long des axes routiers. Déterminer, entre autres, à quel point les caractéristiques des passages fauniques ainsi que des clôtures influencent leur efficacité, ou savoir si aucune autre mesure d'atténuation ne réduit la mortalité routière, p. ex., sur le débit ou la vitesse de circulation (Rytwinski et coll., 2016). Les auteurs soulignent que des études à venir devraient prendre en compte la collecte des données avant qu'une telle mesure soit appliquée, ce qui n'a pas été le cas dans de nombreuses études jusqu'à présent, y compris notre étude pour la route 175.

Les données tirées de ce projet fournissent une excellente occasion de réaliser de tels travaux. La RFL ainsi que la route 175 conviennent à plusieurs égards comme zone d'étude pour la recherche qui est requise :

- Notre étude fournit l'équivalent de 4 années de données de référence. Celles-ci concernent les mammifères de petite et de moyenne taille, ce qui en soi représente une situation exceptionnelle ainsi que constitue une précieuse occasion d'étudier les répercussions des modifications apportées à la conception et à la longueur des clôtures. Les données existantes tirées du projet de recherche en cours (recueillies durant la période de 2012 à 2015) peuvent servir de données avant intervention. Pour ainsi dire, elles peuvent être utilisées avant un changement de conception des clôtures (voir la recommandation 6.10), avant la modification de la longueur de ces dernières (voir la recommandation 6.11) ou avant toute autre modification. Par contre, le choix de nouveaux emplacements pour de tels travaux de recherche devrait commencer dès le début, c.-à-d. depuis la collecte de données avant intervention.
- Les dénombrements élevés d'animaux tués sur la route 175 s'avèrent un avantage pour des travaux de recherche. Ce contexte permet alors de générer des résultats sur des échantillons plus importants de même que de déceler avec davantage de rapidité les réactions des animaux à la suite d'une modification apportée aux mesures d'atténuation. Par contre, les densités de population, qui ont été observées à d'autres endroits, pourraient décroître et se traduire par des dénombrements plus faibles d'animaux tués sur les routes avec également des échantillons de taille inférieure. Ce contexte signifie que les études pourraient devenir plus difficiles à réaliser et devraient s'échelonner sur de plus longues périodes, afin de s'assurer des échantillons assez volumineux pour déterminer avec une signification statistique les répercussions des modifications apportées aux mesures d'atténuation. De plus, il s'ensuit que l'acquisition de connaissances, à partir de chaque dollar dépensé en recherche, devrait nettement s'accroître dans la RFL qu'à d'autres endroits.
- Le porc-épic d'Amérique, notamment en tant qu'espèce cible pour des travaux de recherche, convient très bien. Puisqu'il affiche les dénombrements les plus élevés en matière de mortalité routière, il s'avère le plus sensible à détecter les répercussions des modifications apportées aux clôtures. En outre, si ces changements permettent de réduire la mortalité des porcs-épics associée aux routes, ils allaient probablement fonctionner pour plusieurs autres espèces (telles que le renard roux, la mouffette rayée ainsi que le lièvre d'Amérique).
- Plusieurs travaux routiers prévus dans diverses régions peuvent être mis en commun ainsi qu'étudiés dans le cadre de projets de recherche intégrés et très bien reproduits à plus grande échelle. L'approche consiste en des

plans d'expériences coordonnées et distribuées géographiquement (en anglais, des CDE, pour « coordinated distributed experiments ») en matière de recherche (Fraser et coll. 2013, Rytwinski et coll. 2015). En utilisant cette approche, les agences responsables des routes peuvent augmenter de façon significative la qualité des plans d'études de même qu'accroître la taille des échantillons puisqu'elles peuvent dans l'ensemble plus facilement réunir les fonds nécessaires d'un certain nombre de projets. Il s'avérerait très bénéfique si des travaux de recherche ultérieurs menés dans la RFL peuvent devenir de tels CDE.

Cette recommandation de poursuite d'activités de recherche et d'expérimentation sur les populations fauniques correspond bien aux missions de la RFL ("la poursuite d'activités de recherche et d'expérimentation sur les populations fauniques"; "Les réserves fauniques constituent des lieux privilégiés pour l'acquisition de connaissances et de savoir-faire en matière de conservation et de gestion de la faune et des habitats"), du PNJC ("protéger les écosystèmes"; "le parc dispose d'un plan de protection qui identifie et encadre les problématiques spécifiques à l'application réglementaire") ainsi que de la FM ("Aux fins de recherche, maintenir des structures de populations fauniques terrestres naturelles en ne développant aucune activité de prélèvement."). Elle est aussi en conformité avec les objectifs d'Aichi qui visent à améliorer l'état de la biodiversité par la préservation des écosystèmes, des espèces et de la diversité génétique pour réduire d'ici 2020 les pressions sur cette diversité (<https://www.cbd.int/sp/targets/>) et avec la nouvelle "Résolution concernant la connectivité écologique, l'adaptation aux changements climatiques et la conservation de la biodiversité" (40<sup>e</sup> Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada 2016, Résolution 40-3).



## 7. CONCLUSION

Les efforts investis à mettre en œuvre les mesures d'atténuation associées aux routes ne se limitent pas à la sécurité routière. Ils visent aussi à enrayer de façon importante le déclin de la biodiversité afin d'assurer le maintien à long terme des services écologiques. La durabilité environnementale devient de plus en plus difficile à réaliser lorsque la fragmentation du paysage, l'étalement urbain de même que l'atteinte à la biodiversité s'intensifient. Mettre un terme au déclin de la biodiversité fait partie des objectifs de biodiversité d'Aichi définis par la Convention sur la diversité biologique (CDB; UNEP & CBD 2010, Tittensor et coll. 2014). L'amélioration des connaissances sur les répercussions écologiques engendrées par les routes et la circulation se traduisent par une sensibilisation accrue de l'importance d'avoir des mesures d'atténuation efficaces. Ceci se remarque dans un nombre grandissant d'accords et de documents d'orientation à l'échelle régionale, nationale et internationale. Quelques exemples importants de ceux-ci incluent notamment la résolution concernant la connectivité écologique, l'adaptation aux changements climatiques et la conservation de la biodiversité qui a été signée en août 2016 (Résolution 40-3) (adoptée lors de la 40<sup>e</sup> Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada 2016; Annexe G); le manuel européen « Fragmentation des habitats due aux infrastructures de transport : rapport COST 341 » (luell et coll. 2003 : pages 32 à 38); le guide technique français « Aménagements et mesures pour la petite faune » (Carsignol et coll. 2005 : pages 102 à 127); le document espagnol *Technical Prescriptions for Wildlife Crossing and Fence Design* (ministère de l'Agriculture 2016, 2<sup>e</sup> édition revue et augmentée) qui porte sur des prescriptions techniques relatives aux passages à faune et à la conception des clôtures et finalement le *Wildlife Crossing Structure Handbook* (Clevenger et Huijser 2011). La Résolution 40-3 ne concerne pas uniquement les espèces considérées à risque, mais elle s'applique également à toutes les espèces fauniques et les communautés biologiques. Certaines espèces présentes dans la RFL ont déjà été répertoriées ailleurs en Amérique du Nord et il faut aussi en tenir compte. À titre d'exemple, le lynx du Canada est considéré comme une espèce menacée en zone continentale des États-Unis (Krebs et coll. 2001). Les marmottes communes représentent un cas particulier car elles peuvent tirer avantage du nouvel habitat le long de la route élargie. Il n'y a pas de préoccupation en termes de mortalité routière pour cette espèce, à l'exception des risques pour la sécurité routière liés aux comportements d'évitement faits par les usagers de la route. Toutefois, l'installation des clôtures pourrait limiter leur accès à la chaussée, améliorant la sécurité routière pour les usagers. Les mesures d'atténuation associées aux routes peuvent être mises en œuvre

de façon efficace que si une prise de conscience à propos d'un enjeu existe et que des solutions réalisables sont proposées. La province de Québec peut grandement tirer profit de plusieurs dizaines d'années d'expérience acquise par d'autres pays, p. ex. la France qui cumule 50 ans en la matière ainsi qu'en efforts connexes de surveillance (Carsignol 2006). Par conséquent, les décideurs et le public en général au Québec devraient donc être davantage sensibilisés à propos des effets à court et à long terme engendrés par les routes ainsi qu'être mieux informés des mesures d'atténuation adéquates.

La mise en place de 33 passages fauniques pour les mammifères de petite et de moyenne taille le long de la route 175 s'avère une étape importante dans la bonne direction. Même si la mise en place des passages fauniques n'était pas liée principalement à la sécurité routière, cette dernière constitue néanmoins une considération importante dans le cas des petits et moyens mammifères, et non seulement dans le cas des grands mammifères. Par rapport à ces derniers, les données disponibles sur les accidents impliquant les espèces de petite et de moyenne taille s'avèrent beaucoup moins nombreuses (de même que leurs coûts connexes). Mais, il est connu que les usagers de la route sont souvent surpris par la présence de ces mammifères sur la chaussée et qu'ils essaient de les esquiver en modifiant la trajectoire du véhicule. Ces manœuvres peuvent se traduire par une perte de contrôle du véhicule et engendrer des accidents. Des estimations de blessures humaines et de dommages subis par les véhicules lors d'accidents survenus au Maine et liés à la petite faune sont devenues disponibles récemment. Ainsi, le *Maine Department of Transportation* a signalé au cours de la période entre 2010 et 2014 un total de 621 accidents impliquant des animaux autres que le cerf de Virginie, l'orignal, l'ours noir ainsi que le dindon sauvage. La perte économique liée à ces accidents est estimée à 7,4 millions de dollars. Pour 13 accidents, ils ont entraîné des blessures invalidantes tandis qu'elles ne l'étaient pas pour 25 autres (McGuire 2016). Ces chiffres s'avèrent importants, car l'état du Maine correspond à 7 % de la taille du Québec et compte 1,33 million d'habitants (c.-à-d. 16 % de la population québécoise). Ces données appuient clairement l'argument que les mammifères de moyenne taille sont une préoccupation importante pour la sécurité routière.

Les résultats de la présente étude sur l'utilisation des nouveaux passages fauniques démontrent que c'est **une réussite pour ceux déjà aménagés le long de la route 175**, soit seulement de quatre à six ans après leur construction. Si l'on tient compte de la faune de petite et de moyenne taille qui les utilisent, il s'agit d'une première au Québec. Certains passages fauniques fonctionnent mieux que d'autres, tant pour leur utilisation par la faune que par la réduction de la mortalité routière. Diverses caractéristiques favorisent la faune à utiliser ces passages et elles peuvent différer d'une espèce à l'autre (Clevenger et Waltho 2005, McCollister et van Manen 2010). Cependant, les passages ne fonctionnent pas bien pour quelques espèces. Selon les photographies

analysées, il semble que la martre d'Amérique, le pékan, le lynx du Canada et le grand polatouche n'aient jamais franchi avec succès les passages. Un seul franchissement complet fut documenté pour la loutre de rivière, seulement 6 pour le renard roux et 10 pour le porc-épic d'Amérique et le raton laveur. Il se peut que plus d'espèces s'habituent aux passages et les utilisent dans l'avenir. Toutefois, cette éventualité demeure incertaine. Un suivi additionnel serait requis afin de répondre à cette question. Puisque les passages actuellement en place ne fonctionnent pas aussi bien pour toutes les espèces, des améliorations s'avèrent possibles et souhaitables. Des modifications s'imposent également aux clôtures. Celles déjà existantes conviennent mais elles sont jugées trop courtes pour réduire la mortalité routière.

Les 16 recommandations présentées au chapitre 6 fournissent des directives détaillées des améliorations à apporter. Elles seront plus efficaces lorsqu'elles sont appliquées en combinaison. À titre d'exemple, dans le cas où une approche de gestion adaptative serait préconisée, il importe de tenir compte si celle-ci (passive ou active) nécessite des données précises de surveillance sur une base régulière (Sinclair et coll. 2006). En plus des recommandations formulées au chapitre 6, il pourrait s'avérer utile de réaliser une revue de littérature sur les mesures d'atténuation destinées notamment aux mammifères de petite et moyenne taille. L'examen de ces mesures pourrait se faire dans les autres provinces canadiennes, de même que dans les autres pays, y compris ceux en Europe. Cette initiative permettrait d'acquérir un apprentissage plus généralisé qui découle de l'expérience de tous et chacun.

Vous devez être conscient que ce projet de recherche ne comportait pas d'objectifs qui visaient à évaluer l'importance de l'effet de barrière occasionné par la route 175 à l'égard du déplacement des animaux pour toutes les espèces (consulter les questions de recherche présentées au chapitre 2, aux pages 43 et 44). Cette évaluation ne concernait que les spécimens de martes d'Amérique (objectif 3). En ce qui a trait aux autres espèces, il aurait fallu une méthodologie de recherche différente à celle qui est utilisée aux objectifs 1 et 2. Cette approche ne figurait pas dans les objectifs puisque de nombreuses études ont déjà examiné cette question dans d'autres pays et ont démontré un effet de barrière à l'égard de beaucoup d'espèces, de sorte qu'il s'avérait inutile de refaire ce travail pour la route 175. Cependant, nous pouvons conclure que les animaux retrouvés morts sur la route 175 n'ont sans aucun doute pas pu traverser la chaussée jusqu'à l'habitat se trouvant de l'autre côté. De plus, nous pouvons arriver à la conclusion que les animaux qui ont été observés à l'aide des appareils photo à l'intérieur des passages fauniques alors qu'ils effectuaient un « franchissement complet » ont fort probablement atteint l'habitat de l'autre côté de la route. Nous n'avons recueilli aucune donnée à l'appui d'un quelconque déplacement relatif à la route chez aucune autre espèce que les

individus de martres d'Amérique qui étaient équipés de colliers VHF. Par conséquent, on ne sait pas combien d'animaux ont essayé de franchir la chaussée et dans quelle proportion ceux qui l'ont tenté y sont parvenus avec succès. Ces données seraient nécessaires pour déterminer l'importance de l'effet de barrière occasionné par la route 175 (Jaeger et Fahrig 2004, Jaeger et coll. 2005).

Les limites en ce qui concerne le modèle de la présente étude incluent les éléments suivants :

- Notre analyse n'a pas pu tenir compte des différences dans l'abondance des populations fauniques présentes le long de la route et près des passages;
- Aucune donnée n'a été recueillie sur les mortalités routières de mammifères de petite et de moyenne taille avant la réalisation du projet d'élargissement de 2 à 4 voies de la route 175;
- Les emplacements des passages et des clôtures connexes n'ont pas été choisis au hasard, mais plutôt dans des secteurs où les déplacements de la faune étaient susceptibles d'être plus élevés par rapport à d'autres lieux. Donc, les données relatives à la mortalité routière à proximité des segments non clôturés ne peuvent servir pour représenter des sites témoins (puisque moins de déplacements étaient observés, ce qui se traduit par une sous-estimation de l'efficacité des clôtures existantes);
- La longueur des clôtures à petite faune qui ont été installées le long de la route 175 était similaire à tous les sites. Par conséquent, cette condition n'a pas permis de comparer et de déterminer à la fois l'effet de la longueur sur la mortalité routière aux extrémités de clôture. Il serait donc nécessaire d'effectuer une étude approfondie portant sur l'influence de la longueur des clôtures (tel que proposé à la recommandation 6.11);
- Aucun passage faunique n'était dépourvu de clôtures. Par conséquent, notre étude n'a pu dissocier l'effet des clôtures sur la mortalité routière de celle liée à la présence des passages fauniques;
- Il y avait un seul ponceau rectangulaire avec pied sec de type banquette en béton (PBBét) aménagé et il était localisé au km 138. Par conséquent, ce type de passage ne figure pas dans l'analyse puisqu'une taille d'échantillon qui équivaut à 1 s'avère trop faible pour effectuer des tests statistiques.
- Le nombre de martres que nous avons pu capturer était nettement inférieur à celui que nous avons prévu, ce qui s'est traduit par de faibles tailles d'échantillon, rendant ainsi difficile l'utilisation de tests statistiques. De plus, notre échantillon de martres femelles s'avérait trop faible (principalement parce que leur faible poids nous empêchait de leur poser un collier) avec un seul animal ayant plus de 20 localisations télémétriques. Le reste de l'échantillon était constitué de mâles. Étant donné que la martre d'Amérique présente un dimorphisme sexuel marqué et que leurs comportements le

reflètent bien (Hodgman et coll. 1994), nous ne pouvons tirer des conclusions sur les domaines vitaux ni sur le mode de déplacement des femelles autre que leur tendance à éviter les passages fauniques;

- L'utilisation d'appareils photo n'a pas permis d'identifier des animaux sur une base individuelle. Donc, on ne sait pas si les visites effectuées aux passages proviennent de plusieurs individus distincts ou bien seulement de quelques-uns qui les ont utilisés à plusieurs reprises;
- Les caméras à infrarouges fournissent uniquement des renseignements sur l'utilisation des structures par la faune captée sur les photos à l'intérieur des passages. Les données recueillies à partir de ces clichés sont souvent biaisées vers la détection des espèces qui se déplacent lentement et de plus grande taille que les autres (Jumeau et Handrich 2016). En conséquence, les nombres réels de franchissements complets sont probablement considérablement plus élevés que ceux observés à l'aide de ces appareils.

De futurs travaux de recherche pourront surmonter ces contraintes par une meilleure collaboration. En effet, les chercheurs et le MTMDET peuvent travailler ensemble sur le design d'étude et mettre en place des passages et des clôtures selon les exigences du design d'étude (tel que discuté par Rytwinski et coll. 2015). Nos données recueillies de 2012 à 2015 peuvent servir en tant que données avant traitement. La disponibilité de données de référence portant sur 4 ans s'avère plutôt rare par rapport à d'autres pays et ceci donne une excellente occasion pour étudier l'effet de modifications aux clôtures (voir recommandations 6.10 et 6.16). Cette possibilité augmenterait considérablement la force inférentielle de ces études en comparaison avec celle de la présente étude (Roedenbeck et coll. 2007).

La ZER qui borde la route 175 n'est pas considérée comme un petit territoire. Elle correspond à plus de 20 % de la superficie de la RFL (section 5.1.5). La trouée en forêt a été élargie du triple de sa taille précédente avec le projet d'élargissement de la route 175. De plus, le débit de circulation sur la route 175 s'est accru en moyenne d'environ 2 % sur une base annuelle au cours de la période de 2004 à 2015, ce qui risque d'avoir renforcé l'effet de barrière. La tentation de traverser les milieux ouverts créés par la route des espèces sylvicoles comme la martre dépend de la taille des trouées. Le mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*) est également un mammifère sylvicole qui évite les trouées dans le couvert forestier. Les travaux d'Ascensão et coll. (2016) menés en Espagne et au Portugal, ont conclu que l'effet de barrière associé à la route pour ce mulot s'explique davantage par sa tendance à éviter la chaussée plutôt que le débit de circulation. Un tel évitement de la chaussée risque aussi d'être observé chez d'autres petits mammifères forestiers. Les auteurs ont estimé que

le taux de migration entre les deux côtés de la route se chiffrait à environ 5 %, ce qui indique la présence d'un flux génétique de part et d'autre, quoique limité. Ils recommandent la réfection des ponceaux et des passages inférieurs afin d'améliorer leur attrait et de faciliter leur utilisation pour la faune. De plus, ils proposent de laisser des bandes en bordure des routes pour lesquelles aucune coupe de végétation ne sera effectuée afin de faciliter l'établissement et les déplacements par la petite faune (Ascensão et coll. 2016). La réfection des ponceaux et des passages inférieurs devrait idéalement être entreprise dans des secteurs où les accotements sont constitués d'une végétation arrivée à maturité, car ils assurent un habitat et des corridors biologiques pour ces mêmes animaux (Ascensão et coll. 2012, Ruiz-Capillas 2013, Encarnação et Becker 2015).

Les progrès réalisés au cours des 20 dernières années en écologie du paysage ont mis en évidence que les répercussions sur l'environnement doivent toujours être prises en considération à plusieurs échelles. Cette avancée implique que celles engendrées par la route 175 ne doivent pas seulement être examinées à l'échelle de la RFL, mais également à des échelles plus petites.

Les expériences vécues en Europe ont démontré que le maintien de couloirs écologiques reliés entre eux s'avère moins coûteux que de payer pour leur restauration à une date ultérieure (van der Grift 2005, Holzgang et coll. 2005, Jaeger 2012). Plusieurs pays européens paient actuellement des sommes importantes afin de restaurer leurs réseaux de corridors biologiques. Par exemple, les Pays-Bas ont alloué 410 millions € pour mettre en place des mesures de restauration dans le cadre de leur programme national de défragmentation (van der Grift 2005). Un accroissement continu de la fragmentation des paysages fera hausser les coûts éventuels afin de restaurer la connectivité d'habitats séparés, les corridors biologiques eux-mêmes ainsi que la survie des populations d'espèces sauvages en voie de disparition. La superposition de la carte qui représente les corridors biologiques avec celle des éléments de fragmentation prévus dans le futur (routes, lignes de chemin de fer, zones bâties) donne une idée de l'ampleur de la tâche à accomplir pour restaurer les premiers. Celle-ci s'annonce considérable et coûteuse une fois que le paysage sera fortement fragmenté. Donc, la mise en place de mesures efficaces afin d'éviter autant que possible la hausse du degré de fragmentation depuis le début constitue une sage politique. Cette réalité a été récemment reconnue dans la Résolution concernant la connectivité écologique, l'adaptation aux changements climatiques et la conservation de la biodiversité (adoptée lors de la 40<sup>e</sup> Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada 2016) : « il est de plus résolu que les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada enjoignent aux fonctionnaires de participer, dans la mesure du possible, aux efforts visant à documenter l'état actuel de la connectivité des

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

forêts et des habitats dans chaque administration et dans la région. Les États et les provinces qui partagent des habitats devraient collaborer, dans la mesure du possible, afin de préparer des plans de travail régionaux en vue de cerner les problèmes potentiels et de trouver des solutions de collaboration ».

Il s'avère utile de suivre de près les progrès réalisés en recherche sur l'écologie des routes afin de s'assurer que les futures EIE menées au Québec reflètent l'état des connaissances.





## 8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 40e Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada (2016): Résolution 40-3 - Résolution concernant la connectivité écologique, l'adaptation aux changements climatiques et la conservation de la biodiversité. Boston, Massachusetts, 29 août 2016.
- Adams LW (1984): Small mammal use of an interstate highway median strip. *Journal of Applied Ecology* 21: 175–178. doi: 10.2307/2403045
- Andrews KM, Nanjappa P, Riley SPD (eds.) (2015): Roads and Ecological Infrastructure: Concepts and Applications for Small Animals. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. ISBN 978-1-4214-1639-7. 281 pp.
- Animal Care and Use Committee (1998): Guidelines for the capture, handling, and care of mammals as approved by the American Society of Mammalogists. *Journal of Mammalogy* 79: 1416–1431.
- Antworth RL, Pike DA, Stevens EE (2005): Hit and Run: Effects of Scavenging on Estimates of Roadkilled Vertebrates. *Southeast Nat.* 4: 647–656.
- Ascensão F, Clevenger AP, Grilo C, Filipe J, Santos-Reis M (2012): Highway verges as habitat providers for small mammals in agrosilvopastoral environments. *Biodivers Conserv.* 21: 3681–3697. doi: [10.1007/s10531-012-0390-3](https://doi.org/10.1007/s10531-012-0390-3)
- Ascensão F, Clevenger AP, Santos-Reis M, et al (2013): Wildlife–vehicle collision mitigation: Is partial fencing the answer? An agent-based model approach. *Ecological Modelling* 257: 36–43. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2013.02.026
- Ascensão F, Grilo C, LaPoint S, Tracey J, Clevenger AP, Santos-Reis M (2014): Inter-individual variability of stone marten behavioral responses to a highway. *PLoS One* 9(7): e103544.
- Ascensão F, Mata C, Malo JE, Ruiz-Capillas P, Silva C, Silva AP, Santos-Reis M, Fernandes C (2016): Disentangle the Causes of the Road Barrier Effect in Small Mammals through Genetic Patterns. *PLoS ONE* 11(3): e0151500. doi:10.1371/journal.pone.0151500
- ARC Solutions (2014): Design parameters report. Workshop for wildlife-crossing infrastructure. Bozeman, MT: Western Transportation Institute, Montana State University.
- Baker PJ, Harris S, Robertson CPJ, et al (2004): Is it possible to monitor mammal population changes from counts of road traffic casualties? An analysis using Bristol's red foxes *Vulpes vulpes* as an example. *Mamm Rev* 34: 115–130. doi: 10.1046/j.0305-1838.2003.00024.x
- Barthelmess EL (2014): Spatial distribution of road-kills and factors influencing road mortality for mammals in Northern New York State. *Biodiversity Conservation* 23: 2491–2514. doi: 10.1007/s10531-014-0734-2
- Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S, Christensen RHB, Singmann H, Dai B, Grothendieck G (2015): Package 'lme4'. R package version 1.1-9, 1-110. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/index.html>

- Beckmann JP, Clevenger AP, Huijser MP, Hilty JA (2010): Safe Passages: Highways, Wildlife, and Habitat Connectivity. Island Press, Washington
- Bédard Y, Alain É, Leblanc Y, Poulin M-A, Morin M (2012): Conception et suivi des passages à petite faune sous la route 175 dans la réserve faunique des Laurentides. *Le naturaliste canadien* 136(2): 66-71.
- Bélanger-Smith K (2014): Evaluating the effects of wildlife exclusion fencing on road mortality for medium-sized and small mammals along Quebec's Route 175. Unpublished MSc thesis. Concordia University, Department of Biology.
- Bellis ED, Graves HB (1971): Deer Mortality on a Pennsylvania Interstate Highway. *Journal of Wildlife Management* 35: 232. doi: 10.2307/3799596
- Benítez-López A, Alkemade R, Verweij PA (2010): The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biol Conserv* 143(6): 1307–1316.
- Berteaux, D., Klvana, I., and Trudeau, C. 2005. Spring-to-fall mass gain in a northern population of North American porcupines. *J. Mammal.* 86: 514–519.
- Berteaux D (2009): La dynamique des porcs-épics du parc national du Bic. *Le naturaliste canadien* 133(3): 16-21.
- Binner U, Hagenuth A, Klenke R, Waterstraat A (1999): Analyse des Einflusses von Zerschneidungen und Störungen auf die Population des Fischotters (*Lutra lutra*) in Mecklenburg-Vorpommern. Endbericht zu Teilprojekt 3.2 im Verbundprojekt "Auswirkungen und Funktion unzerschnittener störungsarmer Landschaftsräume auf Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen" im Auftrag des BMBF. Unpublished.
- Bissonette JA, Adair W (2008): Restoring habitat permeability to roaded landscapes with isometrically-scaled wildlife crossings. *Biological Conservation* 141: 482-488.
- Bissonette JA, Rosa (2009): Road zone effects in small-mammal communities. *Ecology and Society* 14(1): 27. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art27/>
- Boves TJ, Belthoff JR (2012): Roadway mortality of barn owls in Idaho, USA. *Journal of Wildlife Management* 76:1381–1392. doi: 10.1002/jwmg.378
- Bowman J, Jaeger JAG, Fahrig L (2002): Dispersal distance of mammals is proportional to home range size. *Ecology* 83(7): 2049-2055.
- Bowman J, Ray JC, Magoun AJ, Johnson DS, Dawson FN (2010): Roads, logging, and the large-mammal community of an eastern Canadian boreal forest. *Canadian Journal of Zoology* 88: 454-467.
- Brocki M, Yuan J, Lister N-M (2014): Wildlife crossing design recommendations: innovation in overpass design. Technical report for ARC Solutions. [www.arc-solutions.org](http://www.arc-solutions.org).
- Buskirk SW, McDonald LL (1989): Analysis of variability in home-range size of the American marten. *The Journal of wildlife management*, 997-1004.
- Buskirk SW, Ruggiero LF (1994): Chapter 2: American Marten. In: Ruggiero, Leonard F.; Aubry, Keith B.; Buskirk, Steven W.; Lyon, L. Jack; Zielinski, William J., tech. eds. The scientific basis for conserving forest carnivores: American marten, fisher, lynx, and wolverine in the western United States. Gen. Tech. Rep. RM-254. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture,

- Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. p. 7-37.
- Canadian Council on Animal Care (2003): CCAC guidelines on: the care and use of wildlife. Ottawa, Ontario, Canada: Canadian Council on Animal Care.
- Canadian Wildlife Federation (2001): Faune et Flore du Pays. Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement. Retrieved June 25, 2016 from: <http://www.hww.ca/fr/faune/mammiferes/le-lynx-du-canada.html>
- Carlson JE, Gilbert JH, Pokallus JW, Manlick PJ, Moss WE, Pauli JN (2014): Potential role of prey in the recovery of American martens to Wisconsin. *The Journal of Wildlife Management* 78(8): 1499-1504.
- Carsignol J (éd.) (2006): Routes et passages à faune: 40 ans d'évolution. Sétra (service d'études techniques des routes et autoroutes). 55 p.
- Carsignol J, Billon V, Chevalier D, et al. (2005): Aménagements et mesures pour la petite faune. Sétra (service d'études techniques des routes et autoroutes), Bagneux Cedex. 264 p.
- Case RM (1978): Interstate highway road-killed animals: a data source for biologists. *Wildlife Society Bulletin* 6: 8-13.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2006): *Paramètres d'exposition chez les mammifères – Renard roux*. Fiche descriptive. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 19 p. Retrieved from: [http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/mammifere/renard\\_roux.pdf](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/mammifere/renard_roux.pdf)
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2006): *Paramètres d'exposition chez les mammifères – Loutre de rivière*. Fiche descriptive. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 17 p. Retrieved from: <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/mammifere/Loutre.pdf>
- Chapin TG, Harrison DJ, Katnik DD (1998): Influence of landscape pattern on habitat use by American marten in an industrial forest. *Conservation Biology* 12(6), 1327-1337.
- Cheveau M, Drapeau P, Imbeau L, Bergeron Y (2004): Owl winter irruptions as an indicator of small mammal population cycles in the boreal forest of eastern North America. *Oikos* 107(1): 190-198.
- Clevenger AP, Waltho (2000): Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14, 47–56.
- Clevenger AP, Waltho N (2005): Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation* 121: 453-464.
- Clevenger AP, Kociolek AV (2006): Highway Median Impacts on Wildlife Movement and Mortality - State of the Practice Survey and Gap Analysis.
- Clevenger AP, Kociolek AV (2013): Potential impacts of highway median barriers on wildlife: State of the practice and gap analysis. *Environmental Management* 52: 1299–1312. doi: 10.1007/s00267-013-0155-0
- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson K (2001a): Drainage culverts as habitat

- linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology* 38: 1340–1349. doi: [10.1046/j.0021-8901.2001.00678.x](https://doi.org/10.1046/j.0021-8901.2001.00678.x)
- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson KE (2001b): Highway mitigation fencing reduces wildlife- vehicle collisions. *Wildl Soc Bull* 29:646–653.
- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson KE (2003): Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109:15–26. doi: [10.1016/S0006-3207\(02\)00127-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00127-1)
- Clevenger AP, Huijser MP (2011): *Wildlife Crossing Structure Handbook - Design and Evaluation in North America*. Publication N. FHWA-CFL/TD-11-003. March 2011. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Central Federal Lands Highway Division, 12300 West Dakota Avenue, Lakewood, CO 80228. 211 pp.
- Connolly-Newman HR, Huijser MP, Broberg L, Nelson CR, Camel-Means W (2013): Effect of cover on small mammal movements through wildlife underpasses along US highway 93 north, Montana, USA. Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation. 12 p. Available: [http://www.icoet.net/ICOET\\_2013/proceedings.asp](http://www.icoet.net/ICOET_2013/proceedings.asp). Accessed 28 December 2013. -
- COSEWIC Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada (2007): Assessment on update status report on the American marten in Canada. Retrieved from: [http://www.sararegistry.gc.ca/virtual\\_sara/files/cosewic/sr\\_martes\\_america\\_na\\_atrata\\_e.pdf](http://www.sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/cosewic/sr_martes_america_na_atrata_e.pdf)
- Cserkés T, Ottlecz B, Cserkés-Nagy Á, Farkas J (2013): Interchange as the main factor determining wildlife-vehicle collision hotspots on the fenced highways: Spatial analysis and applications. *Eur. J. Wildl. Res.* 59, 587–597.
- D'Amico M, Clevenger AP, Román J, Revilla E (2015): General versus specific surveys: Estimating the suitability of different road-crossing structures for small mammals. *The Journal of Wildlife Management* 79(5): 854-860.
- Dickerson LM (1939): The Problem of Wildlife Destruction by Automobile Traffic. *J Wildl Manage* 3:104. doi: [10.2307/3796352](https://doi.org/10.2307/3796352)
- Dinno A (2016): Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums. R Packag version 132 6.
- Dodd CK, Barichivich WJ, Smith LL (2004): Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biol Conserv* 118:619–631. doi: [10.1016/j.biocon.2003.10.011](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.10.011)
- Eder T (2002): *Mammals of Ontario*. Lone Pine Publishing, Edmonton, AB, Canada.
- Ellis E (1999): "Martes americana" (On-line), Animal Diversity Web. Accessed June 23, 2015 at [http://animaldiversity.org/accounts/Martes\\_america/](http://animaldiversity.org/accounts/Martes_america/)
- ESRI (2014): ArcGIS Desktop: Release 10.2. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Encarnação JA, Becker NI (2015): Stealthy at the roadside: Connecting role of roadside hedges and copse for silvicolous, small mammal populations. *J Nat Conservation* 27: 37–43. doi: [10.1016/j.jnc.2015.06.003](https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.06.003)

- Fahrig L, Pedlar JH, Pope SE, Taylor PD, Wegner JF (1995): Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation* 73: 177-182.
- Fahrig L, Rytwinski T (2009): Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1): 21.
- Finder RA, Roseberry JL, Woolf A (1999): Site and landscape conditions at white-tailed deer/vehicle collision locations in Illinois. *Landscape and Urban Planning* 44: 77–85. doi: 10.1016/S0169-2046(99)00006-7
- Finke DL, Denno RF (2004): Predator diversity dampens trophic cascades. *Nature* 429: 407-410.
- Ford AT, Clevenger AP, Bennett A (2009): Comparison of Methods of Monitoring Wildlife Crossing-Structures on Highways. *Journal of Wildlife Management* 73 (7): 1213-1222.
- Forman RTT (2000): Estimate of the Area Affected Ecologically by the Road System in the United States. *Conservation Biology* 14: 31–35.
- Forman RTT, Alexander LE (1998): Roads and Their Major Ecological Effects. *Annu Rev Ecol Syst* 29: 207–231. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207
- Forman RTT, Deblinger RD (2000): The ecological road-effect zone of a Massachusetts (U.S.A.) suburban highway. *Conservation Biology* 14(1): 36–46.
- Forman RTT, Sperling D, Bissonette JA, Clevenger AP, Cutshall CD, Dale VH, Fahrig L, France R, Goldman CR, Heanue K, Jones JA, Swanson FJ, Turrentine T, Winter TC (2003): *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Fortin C, Cantin M (2004): Harvest status, reproduction and mortality in a population of American martens in Québec, Canada. In: *Martens and fishers in human-altered environments*, p. 221-234.
- Fraser LH, Henry HA, Carlyle CN, White SR, Beierkuhnlein C, Cahill Jr. JH, Casper BB, Cleland E, Collins SL, Dukes JS, Knapp AK, Lind E, Long R, Luo Y, Reich PB, Smith MD, Sternberg M, Turkington R (2013): Coordinated distributed experiments: an emerging tool for testing global hypotheses in ecology and environmental science. *Front. Ecol. Environ.* 11: 147e155.
- Fryxell JM, Sinclair ARE, Caughley G (2014): *Wildlife Ecology, Conservation, and Management*. 3<sup>rd</sup> edition. Wiley Blackwell. 528 p.
- Gagnon JW, Dodd NL, Ogren KS, Schweinsburg RE (2011): actors associated with use of wildlife underpasses and importance of long-term monitoring. *Journal of Wildlife Management* 75(6): 1477-1487.
- Gaitan J, Martinig A, Plante J, Bélanger-Smith K, Jaeger J (2015a): *Mitigation measures for small and medium mammals along Highway 175*. Bulletin No. 6 – March 2015. Concordia University, Montréal. 8 pp.
- Gaitan J, Martinig A, Plante J, Bélanger-Smith K, Jaeger J (2015b): *Mesures d'atténuation pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175*. Bulletin No. 6 – Mars 2015. Université Concordia, Montréal. 8 p.
- Garroway CJ, Bowman J, Wilson PJ (2011) Using a genetic network to parameterize a landscape resistance surface. *Mol. Ecol.* 20: 3978–3988.
- Gehrt SD, Fritzell EK (1997): Sexual differences in home ranges of raccoons. *Journal of Mammalogy* 78: 921-931.

- Gehrt SD (2002): Evaluation of Spotlight and Road-Kill Surveys as Indicators of Local Raccoon Abundance. *Wildlife Society Bulletin* 30(2): 449-456.
- Gilbert SL, Sivy KJ, Pozzanghera CB, DuBour A, Overduijn K, Smith MM, Zhou J, Little JM, Prugh LR (2016): Socioeconomic Benefits of Large Carnivore Recolonization Through Reduced Wildlife-Vehicle Collisions. *Conservation Letters*, in press. doi: 10.1111/conl.12280
- Glista DJ, De Vault TL, DeWoody JA (2009): A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landsc Urban Plan* 91:1–7.
- Goosem M (2001): Effects of tropical rainforest roads on small mammals: inhibition of crossing movements. *Wildlife Res.* 28: 351–364. doi: [10.1071/WR99093](https://doi.org/10.1071/WR99093)
- Grogan A, Philcox C, Macdonald D (2001): Nature conservation and roads: Advice in relation to otters. Report for the Highways Agency on the impact of roads and road construction on the otter in the United Kingdom. The Wildlife Conservation Research Unit, Oxford.
- Guinard É, Julliard R, Barbraud C (2012): Motorways and bird traffic casualties: Carcasses surveys and scavenging bias. *Biol Conserv* 147:40–51. doi: 10.1016/j.biocon.2012.01.019
- Guinard E, Prodon R, Barbraud C (2015): Case Study: a Robust Method to Obtain Defendable Data on Wildlife Mortality. In: van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds) *Handbook of Road ecology*, 1st ed. John Wiley & Sons, Oxford, pp 96–100.
- Gunson KE, Mountrakis G, Quackenbush LJ (2011): Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. *J Environ Manage* 92:1074–1082. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.11.027
- Hargis CD, Bissonette JA (1997): Effects of forest fragmentation on populations of American marten in the intermountain west. In: Proulx G, Bryant HN, Woodard PM (eds) *Martes: taxonomy, ecology, techniques, and management*. Provincial Museum of Alberta, Edmonton, Alberta, pp 437–451
- Hargis CD, Bissonette J, Turner DL (1999). The influence of forest fragmentation and landscape pattern on American martens. *Journal of Applied Ecology* 36(1), 157-172.
- Harris S, Cresswell WJ, Forde PG, Trehwella WJ, Woollard T, Wray S (1990): Home range analysis using radio tracking data—a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20(23): 97-123.
- Hauer S, Ansorge H, Zinke O (2002): Mortality patterns of otters (*Lutra lutra*) from eastern Germany. *Journal of Zoology* 256(3): 361-368.
- Hels T, Buchwald E (2001): The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99: 331-340.
- HNTB and MVVA (HNTB Engineering and Michael Van Valkenburgh Associates Inc) (2010): ARC International Wild- life Crossing Infrastructure Design Competition. Available at [arc-solutions.org](http://arc-solutions.org).
- Hofer H, East ML (1993): The commuting system of Serengeti spotted hyaenas: how a predator copes with migratory prey. II. Intrusion pressure and

- commuters' space use. *Animal Behaviour* 46(3): 559-574.
- Holzgang O, Righetti A, Pfister HP (2005): Swiss wildlife corridors on paper, imagined and in the countryside (Schweizer Wildtierkorridore auf dem Papier, in den Köpfen und in der Landschaft. *GAIA* 14(2): 148-151.
- Huijser MP, McGowen PT, Fuller J, Hardy A, Kociolek A, Clevenger AP, et al. (2007): Wildlife-vehicle collision reduction study. Report to U.S. Congress. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington DC, USA.
- Huijser MP, Duffield JW, Clevenger AP, Ament RJ, McGowen PT (2009): Cost-benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the United States and Canada; a decision support tool. *Ecology and Society* 14. Available: <http://www.ecologyandsociety.org/viewissue.php?sf=41>.
- Huijser MP, Fairbank ER, Camel-Means W, Graham J, Watson V, Basting P, et al. (2016): Effectiveness of short sections of wildlife fencing and crossing structures along highways in reducing wildlife-vehicle collisions and providing safe crossing opportunities for large mammals. *Biol Conserv.* 197:61-68.
- Hurlbert SH (1984): Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54(2): 187-211.
- luell B, et al. (Eds.) (2003): *COST 341: Habitat fragmentation due to transportation infrastructure. Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions*. Utrecht, Netherlands: KNNV Publishers.
- Jackson, HHT (1961): *Mammals of Wisconsin*. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA.
- Jackson ND, Fahrig L (2011): Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation* 144(12): 3143-3148.
- Jaeger JAG, Fahrig F (2004): Effects of road fencing on population persistence. *Conservation Biology* 18(6): 1651-1657.
- Jaeger JAG, Bowman J, Brennan J, Fahrig L, Bert D, Bouchard J, Charbonneau N, Frank K, Gruber B, Tluk von Toschanowitz K (2005): Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling* 185: 329-348.
- Jaeger JAG (2012): L'impact des constructions routières sur la fragmentation du territoire en Suisse (1885-2002) : quelles leçons retenir ? *Le naturaliste canadien* 136(2) (special issue on « Routes et la faune terrestre : de la science aux solutions »), pp. 83-88.
- Jaeger JAG, Bowman J, Brennan J, Fahrig L, Bert D, Bouchard J, Charbonneau N, Frank K, Gruber B, Tluk von Toschanowitz K (2005): Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling* 185: 329-348.
- Jaeger JAG, Clevenger AP (2012a): *Monitoring and adaptive management plan for the wildlife passages along Highway 175 for medium-sized and small mammals*. Prepared for the Ministère des Transports du Québec (MTQ). Final version. December 16, 2012. 43 pp.

- Jaeger JAG, Clevenger AP (2012b): *Plan de suivi et de gestion adaptative pour les passages à faune pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175*. Préparé pour le ministère des Transports du Québec (MTQ). Version finale, 13 décembre 2012. 44 p.
- Jaeger JAG, Bélanger-Smith K, Hovington É, Paspaliaris M-H, Clevenger AP (2012a): *Monitoring the effectiveness of wildlife passages for medium-sized and small mammals along HW 175*. News bulletin No. 1 – September 2012. Concordia University, Montréal. 10 pp.
- Jaeger JAG, Bélanger-Smith K, Hovington É, Paspaliaris M-H, Clevenger AP (2012b): *Suivi de l'efficacité des passages à petite et moyenne faune sur la route 175*. Bulletin d'information No. 1 – Septembre 2012. Université Concordia, Montréal. 10 p.
- Jaeger JAG, Bélanger-Smith K, Hovington É, Paspaliaris M-H, Clevenger AP (2012a): *Monitoring the effectiveness of wildlife passages along Highway 175 for medium-sized and small mammals. End-of-year report 2012*. Prepared for the Ministère des Transports du Québec (MTQ). 38 pp.
- Jaeger JAG, Bélanger-Smith K, Hovington É, Paspaliaris M-H, Clevenger AP (2012b): *Suivi de l'efficacité des passages à petite et moyenne faune le long de la route 175. Rapport de fin d'année 2012*. Préparé pour le ministère des Transports du Québec (MTQ). 38 p.
- Jaeger J, Bélanger-Smith K, Paspaliaris M-H, Hovington É, Pachmann G, Clevenger A (2013a): *Monitoring the effectiveness of wildlife passages for medium-sized and small mammals along HW 175*. News bulletin No. 2 – March 2013. Concordia University, Montréal. 11 pp.
- Jaeger J, Bélanger-Smith K, Paspaliaris M-H, Hovington É, Pachmann G, Clevenger A (2013b): *Suivi de l'efficacité des passages à petite et moyenne faune sur la route 175*. Bulletin d'information No. 2 – Mars 2013. Université Concordia, Montréal. 11 p.
- Jaeger JAG, Lima R, Bélanger-Smith K, Paspaliaris M-H, Clevenger AP (2013a): *Monitoring the effectiveness of wildlife passages along Highway 175 for medium-sized and small mammals. End-of-year report 2013*. Prepared for the Ministère des Transports du Québec (MTQ). 75 pp.
- Jaeger JAG, Lima R, Bélanger-Smith K, Paspaliaris M-H, Clevenger AP (2013b): *Suivi de l'efficacité des passages à petite et moyenne faune le long de la route 175. Rapport de fin d'année 2013*. Préparé pour le ministère des Transports du Québec (MTQ). 79 p.
- Jaeger J, Lima R, Bélanger-Smith K, Azmi K, Clevenger A (2013a): *Monitoring the effectiveness of wildlife passages for medium-sized and small mammals along HW 175*. News bulletin No. 3 – October 2013. Concordia University, Montréal. 10 pp.
- Jaeger J, Lima R, Bélanger-Smith K, Azmi K, Clevenger A (2013b): *Suivi de l'efficacité des passages à petite et moyenne faune sur la route 175*. Bulletin d'information No. 3 – Octobre 2013. Université Concordia, Montréal. 10 p.
- Jaeger J, Bélanger-Smith K, Bidinosti L, Anastasio S, Clevenger A (2014a): *Monitoring the effectiveness of wildlife passages for medium-sized and*



- small mammals along HW 175*. News bulletin No. 4 – May 2014. Concordia University, Montréal. 17 pp.
- Jaeger J, Bélanger-Smith K, Bidinosti L, Anastasio S, Clevenger A (2014b): *Suivi de l'efficacité des passages à petite et moyenne faune sur la route 175*. Bulletin d'information No. 4 – mai 2014. Université Concordia, Montréal. 17 p.
- Jaeger JAG, Bélanger-Smith K, Gaitan J, Plante J, Martinig A, Cheveau M, Clevenger AP (2014): Monitoring the effectiveness of wildlife passages along Highway 175 for medium-sized and small mammals. End-of-year report 2014. Prepared for the Ministère des Transports du Québec (MTQ). 69 pp.
- Jaeger JAG, Bélanger-Smith K, Gaitan J, Plante J, Martinig A, Cheveau M, Clevenger AP (2014): Suivi de l'efficacité des passages à petite et moyenne faune le long de la route 175. Rapport de fin d'année 2014. Préparé pour le ministère des Transports du Québec (MTQ). 69 p.
- Janke S., Giere P. (2009): Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in a landscape abundant in lakes. *Eur J Wildl Res* 57: 373-381.
- Johnson WC, Collinge SK (2004): Landscape effects on black-tailed prairie dog colonies. *Biological Conservation* 115: 487-497.
- Jolicoeur H, Daigle G, Vandal N, Jomphe V (2010): Estimation des densités de rats laveurs et de mouffettes rayées en Montérégie en 2006 et 2007. *Le naturaliste canadien* 134(2): 43-53.
- Jumeau J, Handrich Y (2016): Efficiency of camera traps to detect wildlife in underpasses. Submitted to *Methods in Ecology and Evolution*.
- Kamler JF, Gipson PS (2003): Space and habitat use by male and female raccoons, *Procyon lotor*, in Kansas. *Canadian Field-Naturalist* 117: 218-223.
- Kanda LL, Fuller TK, Sievert PR (2006): Landscape Associations of Road-killed Virginia Opossums (*Didelphis virginiana*) in Central Massachusetts. *Am Midl Nat* 156: 128–134. doi: 10.1674/0003-0031(2006)156[128:LAORVO]2.0.CO;2
- Kays R (2011): Tracking urban fishers through forest and culvert. New York Times of Feb. 9th, 2011. [https://scientistatwork.blogs.nytimes.com/2011/02/09/tracking-urban-fishers-through-forest-and-culvert/?\\_r=0](https://scientistatwork.blogs.nytimes.com/2011/02/09/tracking-urban-fishers-through-forest-and-culvert/?_r=0)
- Knapp KK, Yi X, Oakasa T, Thimm W, Hudson E, Rathmann C (2004): Deer-vehicle crash countermeasure toolbox: a decision and choice resource. Final report. Publication No. DVCIC – 02. Midwest Regional University Transportation Center, Deer–Vehicle Crash Information Clearinghouse, University of Wisconsin- Madison, Madison, Wisconsin, USA
- Knight RM, McCoy MW, Chase JM, McCoy KA, Holt RD (2005): Trophic cascades across ecosystems. *Nature* 437: 880-883.
- Knutson RM (1987): Flattened Fauna. A field guide to common animals of roads, streets, and highways. Ten Speed Press, Berkeley, CA.
- Kawaguchi T, Desrochers A, Bastien H (2015): Snow tracking and trapping harvest as reliable sources for inferring abundance: A 9-year comparison. *Northeastern Naturalist* 22(4): 798-811.
- Klar N, et al. (2009): Effects and Mitigation of Road Impacts on Individual

- Movement Behavior of Wildcats. *Journal of Wildlife Management* 73:631-638. (Germany)
- Katnik DD, Harrison DJ, Hodgman TP (1994): Spatial relations in a harvested population of marten in Maine. *The Journal of Wildlife Management*, 600-607.
- Koen EL, Bowman J, Garroway CJ, Mills SC, Wilson PJ (2012): Landscape resistance and American marten gene flow. *Landscape Ecology* 17: 29-43.
- Klvana I, Berteaux D, Cazelles B (2004): Porcupine feeding scars and climatic data show ecosystem effects of the solar cycle. *Am. Nat.* 164: 283–297.
- Koen, EL, Bowman J, Findlay CS, Zheng L (2007): Home range and population density of fishers in Eastern Ontario. *J. of Wildlife Management* 71(5): 1484-1493.
- Körbel O (2001): Vermeidung der durch den Straßenverkehr bedingten Verluste von Fischottern (*Lutra lutra*). *Forsch Straßenbau und Straßenverkehrstechnik* 805:1–58.
- Kramer-Rowold EM, Rowold WA (2001): Zur Effizienz von Wilddurchlässen an Straßen und Bahnlinien. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ): *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 21(1): 2-58.
- Krebs CJ (1999): *Ecological Methodology*. Benjamin/Cummings, Addison-Wesley Educational Publishers, Menlo Park, CA (USA). 624 pp.
- Krebs C, Boonstra R, Boutin S, Sinclair ARE (2001): What drives the 10-year cycle of snowshoe hares? *BioScience* 51: 25-35.
- Krebs CJ, Boonstra R, Nams V, O'Donoghue M, Hodges KE, Boutin S (2001): Estimating snowshoe hare population density from pellet plots: a further evaluation. *Canadian Journal of Zoology* 79(1): 1-4.
- Kriebel D, Tickner J, Epstein P, Lemons J, Levins R, Loechler EL, Quinn M, Rudel R, Schettler T, Stoto M (2001): The precautionary principle in environmental science. *Environmental Health Perspectives* 109(9): 871-876.
- LaPoint SD, Belant JL, Kays RW (2015): Mesopredator release facilitates range expansion in fisher. *Animal Conservation* 18(1): 50-61.
- Legendre P (2000): Comparison of permutation methods for the partial correlation and partial Mantel tests. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 67: 37-73.
- Legendre P, Fortin M-J (2010): Comparisons of the Mantel test and alternative approaches for detecting complex multivariate relationships in the spatial analysis of genetic data. *Molecular Ecology Resources* 10: 831-844.
- Lenth R (2015): Package 'lsmeans'. R package version 2.2-2, 1-47. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/lsmeans/index.html>
- Liers EE (1951): Notes on the river otter (*Lutra canadensis*). *J. Mammal.* 32: 1-9.
- Linzey AV, Emmons L, Timm R (2008): *Erethizon dorsatum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T8004A12881059. Downloaded on 25 June 2016. Retrieved from: <http://www.iucnredlist.org/details/8004/0>
- Lister N-M (2012): Crossing the road, raising the bar: the ARC International Design Competition. *Ecol Restor* 30: 335–40.
- Lister N-M, Brocki M, Ament R (2015): Integrated adaptive design for wildlife

- movement under climate change. *Front Ecol Environ* 13(9): 493-502. doi: 10.1890/150080
- Lynch M, Ritland K (1999): Estimation of pairwise relatedness with molecular markers. *Genetics* 152: 1753-1766.
- Madsen A (1996): Otter *Lutra lutra* mortality in relation to traffic, and experience with newly established fauna passages at existing road bridges. *Lutra* 39: 76–90.
- Mallick SA, Hocking GJ, Driessen MM (1998): Road-kills of the eastern barred bandicoot (*Perameles gunnii*) in Tasmania: an index of abundance. *Wildlife Research* 25(2): 139-145.
- Martinig A (2016): Evaluating the effectiveness of wildlife passages for small and medium-sized mammals. Unpublished MSc thesis, Concordia University, Department of Biology. 35 pp.
- Martinig AR, Bélanger-Smith K (2016): Factors influencing the discovery and use of wildlife passages for small fauna. *J. Applied Ecology* 53: 825-836. doi 10.1111/1365-2664.12616.
- Martinig A, Plante J, Bélanger-Smith K, Jaeger J (2014a): *Mitigating measures for small and medium mammals. Highway 175*. Bulletin No. 5 – December 2014. Concordia University, Montréal. 4 pp.
- Martinig A, Plante J, Bélanger-Smith K, Jaeger J (2014b): *Suivi des mesures d'atténuation pour les mammifères de petite et moyenne taille. Projet de la route 175*. Bulletin No. 5 – Décembre 2014. Université Concordia, Montréal. 4 p.
- McCollister MF, van Manen FT (2010): Effectiveness of Wildlife Underpasses and Fencing to Reduce Wildlife-Vehicle Collisions. *J Wildl Manage* 74:1722–1731. doi: 10.2193/2009-535
- McDonald W, Clair CC St. (2004): Elements that promote highway crossing structure use by small mammals in Banff National Park. *J Appl Ecol*. 41: 82–93. doi: [10.1111/j.1365-2664.2004.00877.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00877.x)
- McGuire P (2016): Tracking wildlife roadkill in Maine offers a path to saving lives. Portland Press Herald, posted May 29, updated May 31. <http://www.pressherald.com/2016/05/29/tracking-wildlife-roadkill-in-maine-offers-path-to-solutions/>
- McLaren MA, Thompson ID, Baker JA (1998): Selection of vertebrate wildlife indicators for monitoring sustainable forest management in Ontario. *For Chron* 74: 241–248.
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (2013): Norme de stratification céoforestière Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional.
- Ministère des Transports du Québec (2014): Atlas des transports du Québec. [http://transports.atlas.gouv.qc.ca/NavFlash/SWFNavFlash.asp?input=SWFDebitCirculation\\_2014](http://transports.atlas.gouv.qc.ca/NavFlash/SWFNavFlash.asp?input=SWFDebitCirculation_2014). Accessed 1 Feb 2016.
- Ministry of Agriculture, Food and the Environment (Spain) (2016): *Technical Prescriptions for Wildlife Crossing and Fence Design*.
- Ministry of Environment of Korea (2010): Guidelines for Design and Management of Wildlife Crossing Structures in Korea. Seoul, Korea. 11-1480000-001113-01. 111 p. Available from <http://webbook.me.go.kr/DLi>

- File/077/203004.pdf (accessed 12. January 2015).
- Mladenoff DJ, Sickley TA, Haight RG, Wydeven AP (1995): A regional landscape analysis and prediction of favourable gray wolf habitat in the northern Great-Lakes region. *Conservation Biology* 9: 279-294.
- Morin P, Berteaux D, Klvan I (2005): Hierarchical habitat selection by North American porcupines in southern boreal forest. *Can. J. Zool.* 83: 1333-1342.
- Nagelkerke NJD (1991): A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika* 78(3): 691-692.
- Nakagawa S, Schielzeth H (2013): A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution* 4: 133-142.
- Naughton D (2012): *The Natural History of Canadian Mammals*. University of Toronto Press, Toronto, ON, Canada.
- Niemi et al. (2014): Dry paths effectively reduce road mortality of small and medium-sized terrestrial vertebrates. *Journal of Environmental Management* 144:51-57. (Finland)
- Ng JW, Nielson C, St. Clair CC (2008): Landscape and traffic factors influencing deer – vehicle collisions in an urban environment. *Human-Wildlife Conflicts* 2: 34–47.
- Nowak RM (2005): *Walker's Carnivores of the World*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA and London, UK.
- O'Connell MA, Hallett JG, West SD (1993): Wildlife use of riparian habitats: A literature Review.
- O'Grady JJ, Brook BW, Reed DH et al. (2006): Realistic levels of inbreeding depression strongly affect extinction risk in wild populations. *Biol Conserv* 133: 42–51
- Olin Studio (2010): ARC International Wildlife Crossing Infrastructure Design Competition. Available at arc- solutions.org.
- Office fédéral des routes (OFROU) (2014): *Ouvrages de franchissement pour la faune*.
- Paragi TF, Krohn WB, Arthur SM (1994): Using estimates of fisher recruitment and survival to evaluate population trend. *Northeast Wildlife* 51:1–11.
- Paspaliaris M-H (2013): *Life under the fast lane: Monitoring the use of wildlife passages along HWY 175, Quebec*. Unpublished Honours Thesis, Department of Geography, Planning and Environment, Concordia University, 69 pp.
- Peterman RM, O'Gonigle M (1992): Statistical power analysis and the precautionary principle. *Marine Pollution Bulletin* 24(5): 231-234.
- Peters RH (1983): *The ecological implications of body size*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. 329 p.
- Peterson CH (1993): Improvement of environmental impact analysis by application of principles derived from manipulative ecology: Lessons from coastal marine case histories. *Australian Journal of Ecology* 18: 21-52.
- Philcox CK, Grogan AL, MacDonald DW (1999): Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in Britain. *Journal of Applied Ecology* 36: 748-762.

- Phillips DM, Harrison DJ, Payer DC (1998): Seasonal changes in home-range area and fidelity of martens. *Journal of Mammalogy* 79(1): 180-190.
- Plante J (2016): Caractérisation des lieux de mortalité de la faune de petite et moyenne taille le long de la route 175, Québec. Mémoire de maîtrise en Sciences. Département de géographie, urbanisme et environnement. Université Concordia. Montréal. 50 p.
- Plante J, Martinig A, Gaitan J, Jaeger J (2016a): *Mitigation measures for small and medium mammals along Highway 175*. Bulletin No. 7 – January 2016. Concordia University, Montréal. 8 pp.
- Plante J, Martinig A, Gaitan J, Jaeger J (2016b): *Mesures d'atténuation pour les mammifères de petite et moyenne taille le long de la route 175*. Bulletin No. 7 – Janvier 2016. Université Concordia, Montréal. 8 p.
- Poole KG (1994): Characteristics of an unharvested lynx population during a snowshoe hare decline. *Journal of Wildlife Management* 58: 608–618.
- Poole KG (2003): A review of the Canada Lynx, *Lynx canadensis*, in Canada. *The Canadian Field-Naturalist* 117(3), 360-376. Retrieved on June 25, 2016 from: <http://www.canadianfieldnaturalist.ca/index.php/cfn/article/viewFile/738/738>
- Potvin F, Bélanger L, Lowell K (2000): Marten habitat selection in a clearcut boreal landscape. *Conservation Biology* 14(3): 844-857.
- Powell RA (1994): Structure and spacing of *Martes* populations. Pages 101-121 in: *Martens, sables and fishers: Biology and conservation*. Ed by SW Buskirk, AS Harestad, MG Raphael, and RA Powell. Cornell Univ. Press, Ithaca.
- Prescott J, Richard P (2013): Mammifères du Québec et de l'est du Canada. 3e édition revue et augmentée. Édition Michel Quintin. Waterloo, QC. 479 pp.
- Proulx G, Gilbert FF (1983): The ecology of the muskrat, *Ondatra zibethicus*, at Luther Marsh, Ontario. *Canadian Field-Naturalist* 97: 377-390.
- Queensland Department of Transport and Main Roads (QDTMR) (2011): Fauna sensitive road design manual. Volume 2: Preferred practises. Queensland Department of Main Roads, Brisbane, Australia.
- R Development Core Team (2013): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Ramp D, Caldwell J, Edwards KA, et al (2005): Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia. *Biol Conserv* 126:474–490. doi: 10.1016/j.biocon.2005.07.001
- Rayfield B, James PM, Fall A, Fortin MJ (2008): Comparing static versus dynamic protected areas in the Quebec boreal forest. *Biological Conservation* 141(2): 438-449.
- Reichholf J (1984): Über die Wirkung von Igelschutzzäunen im Siedlungsrandbereich. *Säugetierkundliche Mitteilungen* 31:267 (Germany)
- Reid F, Helgen K (2008): *Mustela frenata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T41654A10529763. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T41654A10529763.en>
- Downloaded on 25 June 2016.

- Reid DG, Code TE, Reid ACH, Herrero SM (1994): Spacing, movements and habitat selection of the river otter in boreal Alberta. *Canadian Journal of Zoology* 72: 1314-1324.
- Ricker WE (1975): Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin* 191.
- Riley SP, Pollinger JP, Sauvajot RM, York EC, Bromley C, Fuller TK, Wayne RK (2006): FAST-TRACK: A southern California freeway is a physical and social barrier to gene flow in carnivores. *Molecular Ecology* 15(7): 1733-1741.
- Roedenbeck IA, Voser P (2008): Effects of roads on spatial distribution, abundance and mortality of brown hare (*Lepus europaeus*) in Switzerland. *European Journal of Wildlife Research* 54, 425-437.
- Roedenbeck, IA, Fahrig L, Findlay CS, Houlihan J, Jaeger JAG, Klar N, Kramer-Schadt S, van der Grift EA (2007): The Rauschholzhausen-Agenda for Road Ecology. *Ecology and Society* 12(1): 11. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art11/>
- Rondinini, C., Doncaster, C.P. (2002): Roads as barriers to movement for hedgehogs. *Functional Ecology* 16: 504–509.
- Ruggiero LF, Aubry KB, Buskirk SW, Lyon LJ, Zielinski WJ (1994). The scientific basis for conserving forest carnivores: American marten, fisher, lynx, and wolverine in the western United States.
- Ruiz-Capillas P, Mata C, Malo JE (2013): Road verges are refuges for small mammal populations in extensively managed Mediterranean landscapes. *Biol Conserv.* 158: 223–229. doi: [10.1016/j.biocon.2012.09.025](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.09.025)
- Rytwinski T, Fahrig L (2007): Effect of road density on abundance of white-footed mice. *Landscape Ecology* 22:1501–1512. doi: 10.1007/s10980-007-9134-2
- Rytwinski T, Fahrig L (2011): Reproductive rate and body size predict road impacts on mammal abundance. *Ecological Applications* 21(2): 589–600.
- Rytwinski T (2012): The effects of species behavioural responses to roads and life history traits on their population level responses to roads. PhD Dissertation. Carleton University, Ottawa, ON, Canada.
- Rytwinski T, Fahrig L (2012): Do species life history traits explain population responses to roads? A meta-analysis. *Biological Conservation* 147: 87-98.
- Rytwinski T, Fahrig L (2013): Why are some animal populations unaffected or positively affected by roads? *Oecologia* 173(3): 1143-1156.
- Rytwinski T, Fahrig L (2015): The impact of roads and traffic on terrestrial animal populations. In: van der Ree et al.: *Handbook of Road Ecology*. pp. 237-246.
- Rytwinski T, van der Ree R, Cunningham GM, Fahrig L, Findlay CS, Houlihan J, Jaeger JAG, Soanes K, van der Grift EA (2015): Experimental study designs to improve the evaluation of road mitigation measures for wildlife. *Journal of Environ Management* 154: 48-64.
- Rytwinski T, Soanes K, Jaeger JAG, Fahrig L, Findlay CS, Houlihan J, van der Ree R, van der Grift EA (2016): How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. *PLoS ONE* 11(11): e0166941. doi:10.1371/journal.pone.0166941

- Saeki M, Macdonald DW (2004): The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan. *Biol Conserv* 118: 559–571. doi: 10.1016/j.biocon.2003.10.004
- Santos SM, Carvalho F, Mira A (2011): How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *PLoS One* 6: e25383. doi: 10.1371/journal.pone.0025383
- Seaman DE, Millspaugh JJ, Kernohan BJ, Brundige GC, Raedeke KJ, Gitzen RA (1999): Effects of sample size on kernel home range estimates. *The Journal of Wildlife Management* 63(2): 739-747.
- Seber GAF (1982): *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. 2<sup>nd</sup> ed., Griffin, London. (3<sup>rd</sup> ed. 2002, New Jersey: Blackburn Press).
- Seiler A, Helldin J (2006): Mortality in wildlife due to transportation. In: Davenport J, Davenport JL (eds) *The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment*, Springer. Dordrecht, The Netherlands, pp 165–189.
- Serfass TL, Brooks RP, Rymon LM (1993): Evidence of long-term survival and reproduction by translocated river otters, *Lutra canadensis*. *Canadian Field-Naturalist* 107: 59-63.
- Shepard DB, Kuhns R, Dreslik MJ, Phillips CA (2008): Roads as barriers to animal movement in fragmented landscapes. *Anim Conserv* 11: 288–296. doi: 10.1111/j.1469-1795.2008.00183.x
- Simms DA (1979): Studies of an ermine population in southern Ontario. *Canadian Journal of Zoology* 57: 824-832.
- Sinclair ARE, Fryxell JM, Caughley G (2006): *Wildlife Ecology, Conservation, and Management*. 2nd ed. Blackwell Publishing, Malden, MA, USA.
- Slater FM (2002): An assessment of wildlife road casualties – the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. *Web Ecol.* 3: 33–42.
- Smith AC, Schaefer JA (2002): Home-range size and habitat selection by American marten (*Martes americana*) in Labrador. *Canadian Journal of Zoology* 80(9): 1602-1609.
- Smith FA, Lyons SK, Ernest SKM, et al (2003): Body mass of late Quaternary mammals. *Ecology* 84: 3403 (Ecological Archives).
- Sommer R, Griesau A, Ansorge H, Priemer J (2005) Daten zur Populationsökologie des Fischotters *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) in Mecklenburg-Vorpommern. *Beitr zur Jagd- & Wildforschung* 30: 253–271.
- Soutiere EC (1979): Effects of timber harvesting on marten in Maine. *Journal of Wildlife Management* 43:850-860.
- Strickland MA (1994): Harvest management of fishers and American martens. In: SW Buskirk, AG Harestad, MG Raphael, RA Powell (eds): *Martens, sables, and fishers: Biology and conservation*. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, USA, pp. 149-164.
- Sullivan TL, Messmer TA (2003): Perceptions of deer-vehicle collision management by state wildlife agency and department of transportation administrators. *Wildlife Soc B* 31: 163-173.

- Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS) (1968): Swiss standards 640 693 « Clotures à faune ». [www.vss.ch](http://www.vss.ch)
- Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS) (2004): Norme suisse 640 692 « Faune et trafic - Analyse faunistique ».
- Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS) (2011): SN640690-640699, 9 norms on fauna and traffic. [ww.vss.ch](http://www.vss.ch).
- Teixeira FZ, Coelho AVP, Esperandio IB, Kindel A (2013): Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. *Biol Conserv* 157: 317–323. doi: 10.1016/j.biocon.2012.09.006
- Teixeira FZ, Kindel A, Hartz SM, Mitchell S, Fahrig L (2017): When road-kill hotspots do not indicate the best sites for road-kill mitigation. *Journal of Applied Ecology*, in press. doi: 10.1111/1365-2664.12870
- Thompson, ID, Colgan PW (1987): Numerical responses of martens to a food shortage in northcentral Ontario. *J Wildl Management* 51: 824-835.
- Tigas LA, Van Vuren DH, Sauvajot RM (2002): Behavioral responses of bobcats and coyotes to habitat fragmentation and corridors in an urban environment. *Biological Conservation* 108, 299-306.
- Tittensor DP, Walpole M, Hill SLL, et al. (2014): A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science* 346: 241–244.
- Torres A, Jaeger JAG, Alonso JC (2016): Assessing large-scale wildlife responses to human infrastructure development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 113(30): 8472-8477. doi: 10.1073/pnas.1522488113.
- Traversy N, McNicoll R., Lemieux R (1989): Les populations de rats laveurs du sud-ouest du Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Québec, 114 p.
- Trocmé M (2015): Best-practice guidelines and manuals. In: van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds.) (2015): *Handbook of Road Ecology*. John Wiley & Sons, Oxford. p. 479- 484.
- Tsunokawa K, Hoban C (eds.) (1997): Roads and the environment: A handbook. World Bank, Washington, DC.
- van der Grift EA (2005): Defragmentation in the Netherlands: A success story? *GAIA* 14(2): 144-147.
- van der Grift, E.A., van der Ree, R., Fahrig, L., Findlay, C.S., Houlahan, J.E., Jaeger, J.A.G., Klar, N., Madriñan L.F., Olson, L. (2013): Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity and Conservation* 22: 425-448. DOI 10.1007/s10531-012-0421-0.
- van der Ree R, van der Grift E, Gulle N, Holland K, Mata C, Suarez F (2007): Overcoming the barrier effect of roads—how effective are mitigation strategies? An international review of the use and effectiveness of underpasses and overpasses designed to increase the permeability of roads for wildlife. In: *Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and Environment, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA, pp. 423-431.
- van der Ree R, Jaeger JAG, van der Grift E, Clevenger AP (2011): Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: Road



- ecology is moving toward larger scales. *Ecology and Society* 16(1): 48.  
[online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art48/>.
- van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds.) (2015): *Handbook of Road Ecology*. John Wiley & Sons, Oxford.
- van der Ree R, Newman K, Sjolund A, Georgiadis L, Hahn E, Seiler A (2016): Towards global guidelines for infrastructure development - a project proposal. - In: Guinard E: *IENE 2016: Integrating Transport Infrastructure with Living Landscapes*. ISBN 978-2-37180-153-0. Cerema, Lyon, France, August 30-September 2: 98.
- Venables WN, Ripley BD (2002): Random and mixed effects. In: Venables WN, Ripley BD: *Modern Applied Statistics with S*. Springer.
- Villalva P, Reto D, Santos-Reis M, Revilla E, Grilo C (2013): Do dry ledges reduce the barrier effect of roads? *Ecological Engineering* 57: 143-148. (Portugal)
- Waters, J., & Zabel, C. (1995): Northern Flying Squirrel Densities in Fir Forests of Northeastern California. *The Journal of Wildlife Management* 59(4), 858-866.
- Weber C (2004): "Erethizon dorsatum" (On-line), Animal Diversity Web. Accessed June 25, 2016 at [http://www.biokids.umich.edu/accounts/Erethizon\\_dorsatum/](http://www.biokids.umich.edu/accounts/Erethizon_dorsatum/)
- Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phillips A, Losos E (1998): Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience* 48: 607-615.
- Witt JW (1992): Home range and density estimates for the northern flying squirrel, *Glaucomys sabrinus*, in western Oregon. *Journal of Mammalogy* 73(4): 921-929.
- Wölfel L, Tessendorf F (2000): Ein kohärentes Netz von Schutzgebieten für den Fischotter in Mecklenburg-Vorpommern. *Schriftenr. Landschaftspflege Naturschutz* 68: 91-99.
- Wynne KM, Sherburne JA (1984): Summer home range use by adult marten in northwestern Maine. *Canadian Journal of Zoology* 62(5): 941-943.
- Yanes M, Velasco JM, Suarez F (1995): Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological Conservation* 71: 217-222.
- Yerger RW (1953): Home range, territoriality, and populations of the chipmunk in central New York. *Journal of Mammalogy* 34(4), 448-458.
- York E (1996): Fisher population dynamics in north-central Massachusetts. M.S. University of Massachusetts at Amherst.
- Zinke O (1991): Die Todesursachen der im Museum der Westlausitz Kamenz von 1985-1991 eingelieferten Fischotter *Lutra lutra* (L., 1758). *Veröff d Museums d Westlausitz* 15:57-63.
- Zinke O (1998): Fischotterverluste in der Westlausitz und angrenzenden Gebieten in den Jahren 1985 bis 1995. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 1:103-104.



**ANNEXE A**  
**DÉBIT JOURNALIER MOYEN ANNUEL SUR LA ROUTE 175**

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

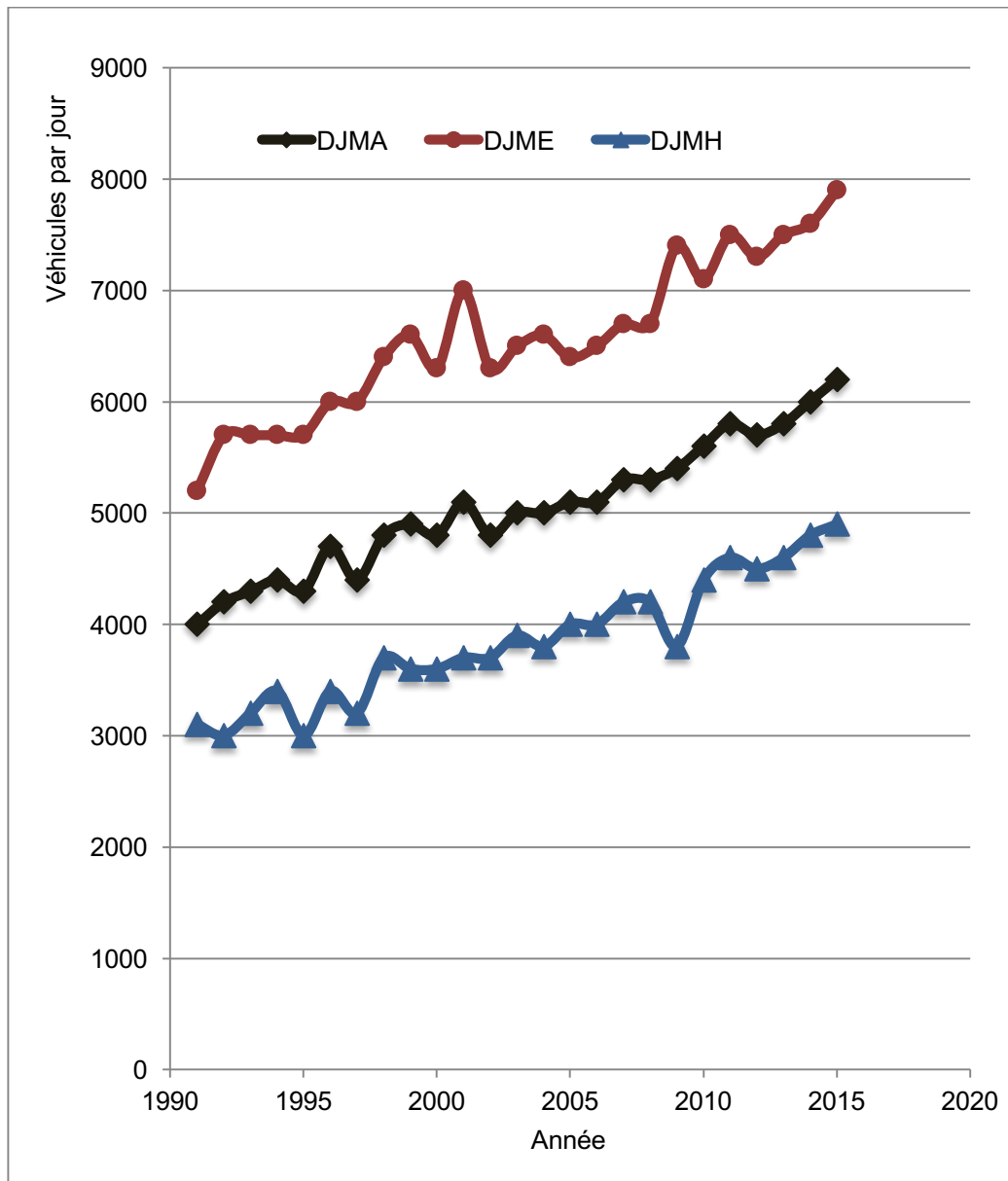


Figure A.1 Débit journalier moyen annuel (DJMA) sur la route 175, débit journalier moyen d'été (juin-septembre) (DJME), et débit journalier moyen d'hiver (DJMH) (décembre-mars) (Source: MTMDET)

**ANNEXE B**  
**DIRECTION ET PUISSANCE DES EFFETS DES**  
**ROUTES SUR LES POPULATIONS FAUNIQUES**

---

Rytwinski et Fahrig (2012, 2015) ont rassemblé les données qui provenaient d'études sur les effets occasionnés par la présence des routes envers les populations fauniques (Tableau B.1). Afin de déterminer si une espèce est affectée ou non de façon négative ou positive par les routes, les auteurs ont converti les données de chaque étude en une seule mesure uniforme. Le coefficient de corrélation  $r$  de Pearson mesure la force de la relation linéaire entre les routes et l'abondance de population d'une espèce en particulier.

Seules les études qui ont évalué les effets occasionnés par la présence des routes pour au moins une population figurent au tableau B.1. Elles peuvent affecter de nombreuses autres espèces, mais ces dernières n'ont pas été étudiées à l'échelle de la population. Afin de s'assurer que les mesures d'atténuation seront les plus efficaces possible pour la plupart d'entre elles, des travaux de recherche qui porteront sur ces effets seront nécessaires sur un éventail plus large d'espèces (Rytwinski et Fahrig 2015).

**Tableau B.1 Les espèces de mammifères classées à l'intérieur de chaque ordre taxonomique affichent une valeur moyenne négative ( $ESr < -0,1$ ; rouge), plus ou moins proche de la neutralité ( $-0,1 < ESr < 0,1$ ; jaune) ou positive ( $0,1 < ESr$ ; vert) envers les routes en ce qui touche aux effectifs de leur population.**  $ESr$ , ou la taille d'effet, correspond à une mesure de la force d'un effet observé, dans le cas présent, la corrélation entre la densité du réseau routier et l'abondance de la population. Pour plus de détails, veuillez consulter Rytwinski et Fahrig (2012) de même que Rytwinski (2012). Ces réactions comportementales incluent tous les effets et ne se limitent pas à la mortalité routière. Quant aux autres espèces de mammifères, les effets qui se rapportent à l'échelle de la population ne sont pas connus pour le moment. Les espèces de mammifères de petite et moyenne taille intéressantes dans la RFL, le PNJC et la FM sont indiquées en gras. (VU = vulnérable; EN = espèce en danger; les données sur la masse corporelle sont tirées de : Smith et coll. 2003, AFR = Afrique; EA = Eurasie; NAM = Amérique du Nord; AUS = Australie; les données sur la masse corporelle des espèces qui revêtent un intérêt pour ce qui est de la RFL (bleu) incluent également celles rapportées par Eder 2002 de même que Prescott et Richard 2013). (Source : les données à propos des  $ESr$  sont fournies par la Dre Trina Rytwinski, tirées de : Rytwinski 2012)

Ordre – animaux	Nom d'espèce			Masse corporelle (g)	ESr (Taille d'effet)
	Français	Anglais	Latin		
<b>Carnivora (carnivores / carnivores)</b>	Léopard (ou panthère)	Leopard (VU)	<i>Panthera pardus</i>	54 999,7 (AFR), 45 500 (EA)	-0,999
	Poyane d'Afrique centrale	African linsang (or oyan)	<i>Poiana richardsonii</i>	500 (AFR)	-0,870

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	Blaireau européen	European badger	<i>Meles meles</i>	13 000 (EA)	-0,700
	Ours lippu (ou ours paresseux)	Sloth bear (VU)	<i>Melursus ursinus</i>	100 000 (EA)	-0,524
	Nandinie (ou civette palmiste africaine)	African palm civet	<i>Nandinia binotata</i>	2 000 (AFR)	-0,450
	Martre à gorge jaune	Yellow-throated marten	<i>Martes flavigula</i>	2 500 (EA)	-0,395
	Lynx ibérique	Iberian lynx (EN)	<i>Lynx pardinus</i>	9 400 (EA)	-0,361
	<b>Renard roux</b>	<b>Red fox</b>	<b><i>Vulpes vulpes</i></b>	4 132 (NAM); 5 200 [3 600–6 800] <sup>a</sup> ; 4 950 [2 700–7 200] <sup>b</sup>	<b>-0,317</b>
	Grizzli	Grizzly bear	<i>Ursus arctos horribilis</i>	139 441 (NAM)	-0,230
	<b>Pékan</b>	<b>Fisher</b>	<b><i>Martes pennanti</i></b>	4 000 (NAM); 3 750 [2 000–5 500] <sup>a</sup> ; 3 125 [m : 2 600–5 500, f : 1 300–3 100] <sup>b</sup>	<b>-0,210</b>
	Ours noir	American black bear	<i>Ursus americanus</i>	99 950 (NAM)	-0,207
	Lynx boréal (ou lynx d'Eurasie)	Eurasian lynx	<i>Lynx lynx</i>	17 950 (EA)	-0,171
	Carcajou (ou glouton)	Wolverine	<i>Gulo gulo</i>	14 525 (NAM)	-0,170
	<b>Mouffette rayée</b>	<b>Striped skunk</b>	<b><i>Mephitis mephitis</i></b>	2 085 (NAM); 3 050 [1 900–4 200] <sup>a</sup> ; 3 050 [800–5 300] <sup>b</sup>	<b>-0,105</b>
	Chat-léopard	Leopard cat	<i>Felis (Prionailurus) bengalensis</i>	3 300 (EA)	-0,091
	Puma (ou cougar)	Cougar (or mountain lion)	<i>Puma concolor</i>	51 600 (NAM)	-0,066
	Lynx roux (ou lynx bai)	Bobcat	<i>Lynx rufus</i>	8 904 (NAM)	-0,016
	Mangouste des marais	Marsh mongoose (or water mongoose)	<i>Atilax paludinosus</i>	3 300 (AFR)	0,000
	Civette africaine	African civet	<i>Civettictis civetta</i>	12 000 (AFR)	0,000

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	Genette servaline	Servaline genet	<i>Genetta servalina</i>	1 055 (AFR)	0,000
	<b>Raton laveur commun</b>	<b>Raccoon</b>	<b><i>Procyon lotor</i></b>	5 525 (NAM); 9 500 [5 000–14000] <sup>a</sup> ; 8 500 [5 000–12000] <sup>b</sup>	<b>0,009</b>
	<b>Loup gris</b>	<b>Grey wolf</b>	<b><i>Canis lupus</i></b>	42 750 (NAM); 52 500 [25 000–80 000] <sup>a</sup> ; 30 000 [18 000–42 000] <sup>b</sup>	<b>0,022</b>
	<b>Hermine</b>	<b>Ermine (or stoat)</b>	<b><i>Mustela erminea</i></b>	70 (NAM); 75 [45–105] <sup>a</sup> ; 95,5 [m : 80–182, f : 45–75] <sup>b</sup>	<b>0,060</b>
	Vison de Sibérie	Siberian weasel	<i>Mustela sibirica</i>	405 (EA)	0,269
<b>Artiodactyla (even-toed ungulates / ongulés possédant un nombre pair de doigts)</b>	Wapiti	Elk	<i>Cervus canadensis</i>	-; 340 000 <sup>a</sup>	-0,834
	Cerf élaphe	Red deer	<i>Cervus elaphus</i>	217 751 (NAM)	-0,568
	Sanglier	Wild boar	<i>Sus scrofa</i>	117 286 (EA)	-0,478
	Chevreuril	European roe deer	<i>Capreolus capreolus</i>	22 500 (EA)	-0,444
	Caribou des bois	Boreal woodland caribou (EN)	<i>Rangifer tarandus caribou</i>	86 034 (NAM)	-0,293
	Cerf mulet	Mule deer	<i>Odocoileus hemionus</i>	54 213 (NAM)	-0,243
	Potamochère roux	Red river hog	<i>Potamochoerus porcus</i>	70 000 (AFR)	0,000
	Orignal	Moose	<i>Alces alces</i>	358 996 (NAM)	0,247
	Cerf de Virginie	White-tailed deer	<i>Odocoileus virginianus</i>	55 509 (NAM)	0,339
	Céphalophe d'Ogilby	Ogilby's duiker	<i>Cephalophus ogilbyi crusalbaum</i>	20 000 (AFR)	0,450
	Céphalophe de Peters	Peters' duiker	<i>Cephalophus callipygus</i>	18 250 (AFR)	0,620
	Hydropote (ou cerf d'eau)	Water deer	<i>Hydropotes inermis</i> (VU)	14 000 (EA)	0,629
	Chevrotain aquatique	Water chevrotain	<i>Hyemoschus aquaticus</i>	10 850 (AFR)	0,690



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	Céphalophe à bande dorsale	Bay duiker	<i>Cephalophus dorsalis castaneus</i>	20 000 (AFR)	0,850
	Céphalophe à dos jaune	Yellow-backed duiker	<i>Cephalophus silvicultor</i>	72 500 (AFR)	0,880
	Céphalophe bleu	Blue duiker	<i>Cephalophus monticola defriesi</i>	6250 (AFR)	0,900
<b>Rodentia (rodents / rongeurs)</b>	Anomalure de Derby	Lord Derby's scaly-tailed squirrel	<i>Anomalurus derbianus</i>	650 (AFR)	-0,97
	Anomalure de Beecroft	Beecroft's flying squirrel	<i>Anomalurus beecrofti</i>	389 (AFR)	-0,52
	Anomalure nain	dwarf scaly-tailed squirrel	<i>Anomalurus pusillus</i>	250 (AFR)	-0,48
	<i>Microtus californicus</i>	California vole	<i>Microtus californicus</i>	57,4 (NAM)	-0,192
	Écureuil gris	Eastern gray squirrel	<i>Sciurus carolinensis</i>	506,5 (NAM)	-0,138
	<b>Écureuil roux</b>	<b>Red squirrel</b>	<b><i>Tamiasciurus hudsonicus</i></b>	201,2; 195 [140–250] <sup>a</sup> ; 195 [140–250] <sup>b</sup>	-0,122
	Campagnol à dos roux de Gapper	Southern red-backed vole	<i>Clethrionomys (Myodes) gapperi</i>	19 (NAM)	-0,06
	<b>Tamia rayé</b>	<b>Eastern chipmunk</b>	<b><i>Tamias striatus</i></b>	111,9 (NAM); 102,5 [66–139] <sup>a</sup> ; 95 [75–115] <sup>b</sup>	-0,005
	<b>Marmotte commune</b>	<b>Woodchuck</b>	<b><i>Marmota monax</i></b>	3 802 (NAM); 3 600 [1 800–5 400] <sup>a</sup> ; 4 925 [2 850–7 000] <sup>b</sup>	0
	<b>Souris-sauteuse des bois</b>	<b>Woodland jumping mouse</b>	<b><i>Napaeozapus insignis</i></b>	22,3; 21,5 [17–26] <sup>a</sup> ; 24,5 [15–34] <sup>b</sup>	0
	Souris des moissons orientale	Eastern harvest mouse	<i>Reithrodontomys humulis</i>	8,3 (NAM)	0,005
	Campagnol des Prairies	Prairie vole	<i>Microtus ochrogaster</i>	38 (NAM)	0,010
	<i>Ochrotomys nuttalli</i>	Golden mouse	<i>Ochrotomys nuttalli</i>	22,4 (NAM)	0,011
	Écureuil d'Eurasie	Eurasian red squirrel	<i>Sciurus vulgaris</i>	333 (EA)	0,015
	<b>Campagnol des prés</b>	<b>Meadow vole</b>	<b><i>Microtus pennsylvanicus</i></b>	36,8 (NAM); 41 [18–64] <sup>a</sup> ; 44 [20–68] <sup>b</sup>	0,060

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

	<b>Souris sylvestre</b>	<b>North American deer mouse</b>	<i>Peromyscus maniculatus</i>	21,3 (NAM); 21,5 [18–35] <sup>a</sup> ; 21 [10–32] <sup>b</sup>	<b>0,085</b>
	<b>Souris à pattes blanches</b>	<b>White-footed mouse</b>	<i>Peromyscus leucopus</i>	21,2 (NAM); 20 [15–25] <sup>a</sup> ; 16,5 [12–31] <sup>b</sup>	<b>0,145</b>
	<b>Souris-sauteuse des champs</b>	<b>Meadow jumping mouse</b>	<i>Zapus hudsonius</i>	17,1 (NAM); 20 [15–25] <sup>a</sup> ; 17,4 [10–24,8] <sup>b</sup>	<b>0,187</b>
	<b>Souris commune (ou souris grise)</b>	<b>House mouse</b>	<i>Mus musculus</i>	15 (EA); 19,5 [14–25] <sup>a</sup> ; 21 [12–30] <sup>b</sup>	<b>0,230</b>
	Rat noir	Black rat	<i>Rattus rattus</i>	178,3 (EA); 280 (AUS)	<b>0,23</b>
	Chien de prairie à queue noire	Black-tailed prairie dog	<i>Cynomys ludovicianus</i>	1364 (NAM)	<b>0,67</b>
	<i>Dipodomys microps</i>	Chisel-toothed kangaroo rat	<i>Dipodomys microps</i>	54,6 (NAM)	<b>0,786</b>
	Cricétome des savanes	Gambian pouched rat	<i>Cricetomys gambianus</i>	1285 (AFR)	<b>0,83</b>
	Souris à abajoues des pinèdes	Great Basin pocket mouse	<i>Perognathus parvus</i>	21,8 (NAM)	<b>0,866</b>
	Athérure africain	African brush-tailed porcupine	<i>Atherurus africanus centralis</i>	1934 (AFR)	<b>0,95</b>
	Anomalure aptère	Cameroon Scaly-tail	<i>Zenkerella insignis</i>	200 (AFR)	<b>0,95</b>
	Tamia mineur	Least chipmunk	<i>Tamias minimus</i>	135,3 (NAM)	<b>0,982</b>
<b>Lagomorpha (lagomorphs / lagomorphes)</b>	Lièvre d'Europe	European hare	<i>Lepus europaeus</i>	3740 (EA)	<b>-0,599</b>
	<b>Lièvre d'Amérique</b>	<b>Snowshoe hare</b>	<i>Lepus americanus</i>	1 710 (NAM); 1 250 [1 000–1 500] <sup>a</sup> ; 1 800 [1 300–2 300] <sup>b</sup>	<b>0,032</b>
	Lièvre de Corée	Korean hare	<i>Lepus coreanus</i>	-; 2 350 <sup>c</sup>	<b>0,130</b>
	Lapin à queue blanche	Eastern cottontail	<i>Sylvilagus floridanus</i>	1 173 (NAM)	<b>0,187</b>
<b>Primates (Primates/ Primates)</b>	Potto de Bosman	Bosman's potto	<i>Perodicticus potto</i>	1 100 (AFR)	<b>-0,999</b>
	Galago de Demidoff	Prince Demidoff's bushbaby	<i>Galago demidoff</i>	61 (AFR)	<b>0,26</b>

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	Galago d'Allen	Allen's Galago (or Bioko Allen's bushbaby)	<i>Galago alleni</i>	260 (AFR)	0,3
	Galago mignon	Southern needle-clawed bushbaby	<i>Euticus elegantulus</i>	300 (AFR)	0,9
<b>Proboscidae (proboscideans / proboscidiens)</b>	Éléphant de forêt d'Afrique	African forest elephant (EN)	<i>Loxondonta africana cyclotis</i>	3 940 034 (AFR)	-0,388
<b>Pholidota (pholidotes / pholidotes)</b>	Pangolin à petites écailles	Tree pangolin (VU)	<i>Manis (Phataginus) tricuspis</i>	2 100 (AFR)	-0,870
<b>Diprotodontia (diprotodonts / diprotodontes)</b>	Koala	Koala	<i>Phascolarctos cinereus</i>	10 250 (AUS)	-0,153
<b>Erinaceomorpha (erinaceomorpha / erinaceomorpha)</b>	Hérisson commun	European hedgehog	<i>Erinaceus europaeus</i>	771 (EA)	-0,167
<b>Didelphimorphia (opossums / didelphidés)</b>	Opossum de Virginie	Virginia opossum	<i>Didelphis virginiana</i>	2 196 (NAM)	0,024
<b>Hyracoidea (hyraxes / hyracoïdes)</b>	Daman des arbres	Western tree hyrax	<i>Dendrohyrax dorsalis</i>	3 175 (AFR)	-0,060

<sup>a</sup> Tirées de : Eder (2002)

<sup>b</sup> Tirées de : Prescott et Richard (2013)

<sup>c</sup> Tirée de : Wikipedia (en anglais seulement) ([https://en.wikipedia.org/wiki/Korean\\_hare](https://en.wikipedia.org/wiki/Korean_hare))

Parmi les espèces de petite et de moyenne taille qui revêtent un intérêt pour la RFL, le PNJC et la FM, 16 ne figurent pas au tableau B.1. Par conséquent, nous avons estimé leur vulnérabilité envers les routes selon des données qui proviennent de l'Ontario. Dans le cadre d'une étude qui visait 16 espèces de mammifères de l'est ontarien, le taux de reproduction demeurerait le meilleur indicateur à l'échelle de la population afin d'évaluer les comportements envers les routes. Il expliquait à peu près 70 % de la variation observée en ce qui a trait aux coefficients qui associent l'abondance des mammifères et la mortalité routière (Rytwinski et Fahrig 2011). La combinaison du taux de reproduction et de la masse corporelle apporte davantage d'information plus précise car ensemble ces deux paramètres expliquent jusqu'à 79 % de cette variation.

Les 16 espèces retenues comprennent : la souris à pattes blanches (*Peromyscus leucopus*), la souris-sauteuse des champs (*Zapus hudsonius*), la souris-sauteuse des bois (*Napaeozapus insignis*), la musaraigne à queue courte (*Blarina brevicauda*), hermine (*Mustela erminea*), le tamia rayé (*Tamias striatus*), l'écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*), l'écureuil gris (*Sciurus*

*carolinensis*), le lapin à queue blanche (*Sylvilagus floridanus*), le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*), la mouffette rayée (*Mephitis mephitis*), la marmotte commune (*Marmota monax*), le pékan (*Martes pennanti*), le renard roux (*Vulpes vulpes*), le raton laveur (*Procyon lotor*) et l'ours noir (*Ursus americanus*).

Nous avons utilisé ces données afin de prédire les effets occasionnés par la présence des routes sur les mammifères de petite et de moyenne taille présents dans la RFL, le PNJC et la FM. La masse corporelle et le taux de reproduction étaient utilisés comme variables prédictives (séparément et en combinaison).

Ici, les régressions linéaires sont appliquées après une transformation logarithmique (ln) de trois variables. Ci-dessous, les équations qui ont découlé de cette analyse :

A) Une analyse de régression qui est fonction de la masse corporelle seulement :

$$\text{InRegCoeff} = 0,79485 - 0,017565 * \text{InBMass} \quad (R^2 = 38 \%).$$

Le coefficient de régression détermine la pente de la droite qui correspond aux effets occasionnés par les routes envers la population. Il peut se calculer d'après cette équation :  $\text{RegCoeff} = \exp(\text{InRegCoeff}) - 2$ . Il égale à 0, si  $\exp(\text{InRegCoeff}) = 2$ , ce qui semble indiquer que  $\text{InRegCoeff} = \ln(2) = 0,69315$ . Il en est de même pour  $\text{InBMass} = (0,79485 - \ln(2)) / 0,017565 = 5,7901$ , qui correspond à une masse corporelle moyenne de 327 g. Par conséquent, de manière générale, **les espèces avec une masse de plus de 327 g seraient affectées négativement par les routes, alors que celles qui pèsent moins de 327 g le seraient positivement**. Toutefois, il existe une grande incertitude autour de cette valeur. Une inspection visuelle du diagramme présenté au Fig. B.1 montre que celle-ci peut varier de 20 g à 3 000 g. La procédure à suivre comprend également les IP, ou intervalles de prédiction (voir ci-après).

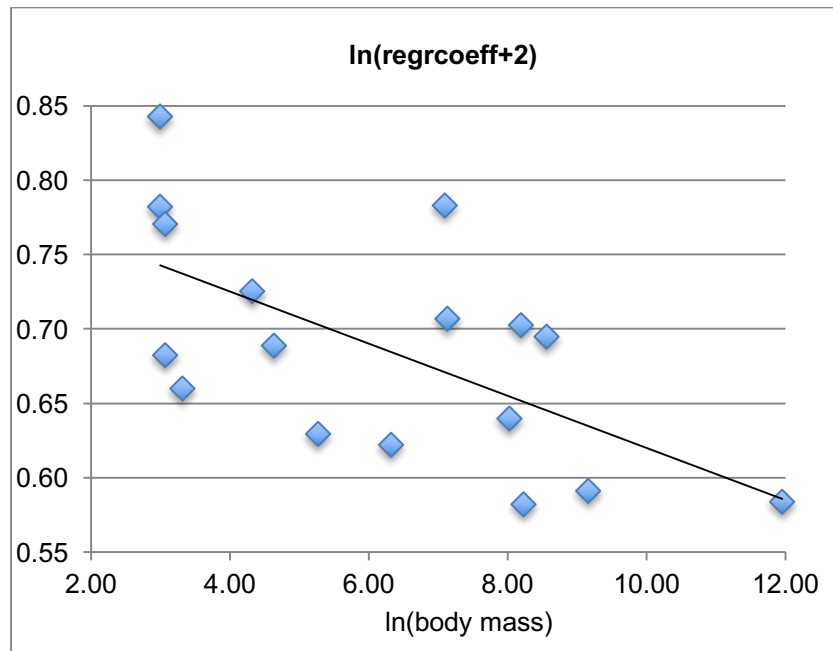


Figure B.1 Relation entre  $\ln(\text{body mass})$  et  $\ln\text{RegCoeff} := \ln(\text{regr coeff} + 2)$

B) Une analyse de régression qui est fonction du taux de reproduction seulement :

$$\ln\text{RegCoeff} = 0,47765 + 0,11281 * \ln\text{RepRate} \quad (R^2 = 69,4 \%).$$

Le coefficient de régression détermine la pente de la droite qui correspond aux effets occasionnés par les routes envers la population. Il peut se calculer d'après cette équation :  $\text{RegCoeff} = \exp(\ln\text{RegCoeff}) - 2$ , tel que mentionné ci-dessus (A). Il égale à 0, si  $\exp(\ln\text{RegCoeff}) = 2$ , ce qui semble indiquer que  $\ln\text{RegCoeff} = \ln(2) = 0,69315$ . Il en est de même pour  $\ln\text{RepRate} = (\ln(2) - 0,47765) / 0,11281 = 1,9103$ , qui correspond à un taux de reproduction moyen de 6,755. Par conséquent, de manière générale, **les espèces qui affichent un taux de reproduction inférieur à 6,8 seraient affectées négativement par les routes, alors que celles qui en affichent un supérieur à 6,8 le seraient positivement.** Toutefois, il existe une grande incertitude autour de cette valeur. Une inspection visuelle du diagramme présenté à la Fig. B.2 montre que celle-ci peut varier de 4,5 à 13. La procédure à suivre comprend également les IP (voir ci-après).

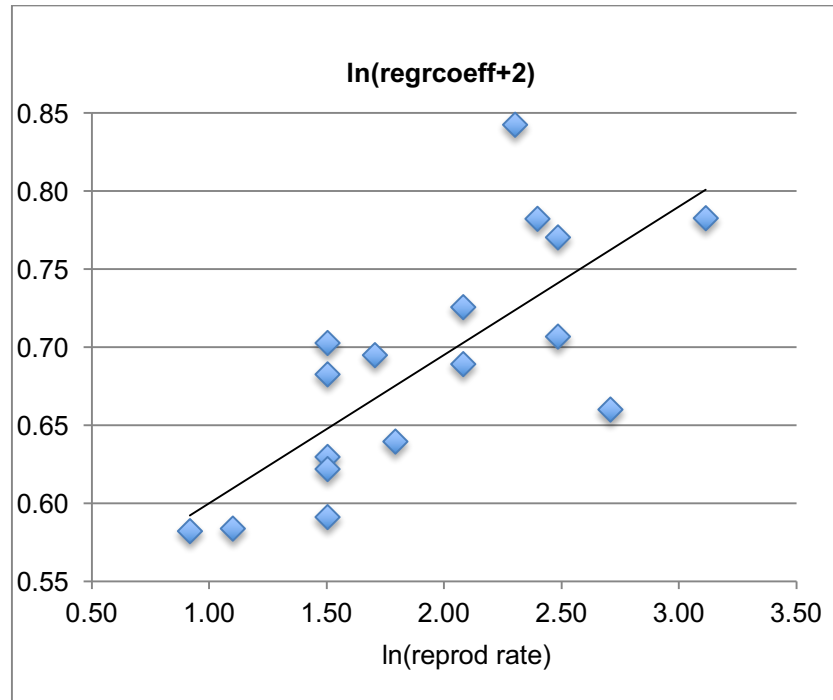


Figure B.2 Relation entre ln(reprod rate) et lnRegCoeff := ln(regr coeff + 2)

C) Une analyse de régression qui est fonction de la masse corporelle et du taux de reproduction :

$$\text{lnRegCoeff} = 0,58505 + 0,089913 * \text{lnRepRate} - 0,010225 * \text{lnBMass}$$

(R<sup>2</sup> = 79 %).

Tout comme avant, le coefficient de régression détermine la pente de la droite qui correspond aux effets occasionnés par les routes envers la population et il peut se calculer d'après cette équation :  $\text{RegCoeff} = \exp(\text{lnRegCoeff}) - 2$ . Il égale à 0, si  $\exp(\text{lnRegCoeff}) = 2$ , ce qui semble indiquer que  $\text{lnRegCoeff} = \ln(2) = 0,69315$ . Il en est de même pour  $\text{lnBMass} = (0,089913 * \text{lnRepRate} - 0,1081) / 0,010225$ , autrement dit,  $\text{lnRepRate} = (0,010225 * \text{lnBMass} + 0,1081) / 0,089913$ . La relation entre les valeurs critiques du taux de reproduction et de la masse corporelle est présentée à la figure 5.1 (section 5.1.1). Pour une espèce donnée, le taux de reproduction minimum requis pour résister à l'impact occasionné par la présence des routes est plus élevé si la masse corporelle est supérieure. Le modèle de régression introduit précédemment en C fournit donc les prédictions les plus fiables (avec des IC et IP moindres). Le tableau 5.3 et la figure 5.2 présentent uniquement les résultats de ce dernier.

**ANNEXE C**  
**ANALYSE DES DONNÉES EXISTANTES DU MTMDET SUR**  
**L'UTILISATION DES PASSAGES FAUNIQUES EN 2011**

---

## Méthodes

*\*Note : Cette annexe s'inspire du mémoire de baccalauréat de Mary-Helen Paspaliaris (2013).*

Afin de suivre l'utilisation des passages, des relevés d'empreintes ont été introduits en 2009 pour cinq d'entre eux. L'année suivante, ces nouveaux outils ont été utilisés aux mêmes passages, de même que deux appareils photo avec détecteur de mouvement infrarouge ont été installés à l'aménagement du km 133. En 2011, seuls des pièges photographiques ont été mis en place à l'intérieur de 13 structures (Bédard, 2012). Le but de cette étude était de se pencher sur comment les passages allaient être le mieux surveillés.

Nous analysons ici les données recueillies en 2011 et qui proviennent de 13 passages fauniques où des appareils photo ont été installés. Plus précisément, il s'agit des trois types suivants avec leur dénombrement : 4 tuyaux de béton armé, 3 ponceaux de drainage rectangulaires avec pied sec de type tablette en bois de même que 6 structures rectangulaires avec pied sec de type tablette en béton. Compte tenu d'un total de 2 756 jours d'observation (qui équivaut à l'ensemble de tous les passages), au moins 20 espèces de mammifères de petite et de moyenne taille ont été comptabilisés ayant réalisé un franchissement complet (Tableau C.1). Le but de cette analyse était de se pencher sur les trois types de passage, s'ils différaient en matière des espèces qui les utilisaient.

**Tableau C.1** Liste des espèces qui ont été observées en train de réaliser un franchissement complet d'un ou de plusieurs passages parmi les 13 disponibles en 2011

Français	Latin	Code
Espèces de souris campagnol	<i>Arvicolinae</i>	ARVI
Espèces de chauves-souris	divers	BAT SPC.
Castor d'Amérique	<i>Castor canadensis</i>	CACA
Porc-épic	<i>Erethizon dorsatum</i>	ERDO
Loutre des rivières	<i>Lontra canadensis</i>	LOCA
Lièvre d'Amérique	<i>Lepus americanus</i>	LEAM
Marmotte commune	<i>Marmota monax</i>	MAMO
Mouffette rayée	<i>Mephitis mephitis</i>	MEME
Hermine	<i>Mustela erminea</i>	MUER
Belette à longue queue	<i>Mustela frenata</i>	MUFR
Vison d'Amérique	<i>Mustela vison / Neovison vison</i>	MUVI / NEVI
Espèces de belettes	<i>Mustela spp.</i>	MUXX
Rat musqué	<i>Ondatra zibethicus</i>	ONZI
Espèces de souris	<i>Peromyscus</i>	PERO
Raton laveur	<i>Procyon lotor</i>	PRLO



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Espèces de musaraignes	<i>Sorex</i> spp.	<b>SOXX</b>
Écureuil roux	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>	<b>TAHU</b>
Tamias rayé	<i>Tamias striatus</i>	<b>TAST</b>
Renard roux	<i>Vulpes vulpes</i>	<b>VUVU</b>
Souris sauteuse des champs /	<i>Zapus hudsonius/</i>	<b>ZAHU</b>
Souris sauteuse des bois	<i>Napaeozapus insignis</i>	

**Tableau C.2** Autres espèces qui ont été remarquées à entreprendre des incursions dans les passages fauniques en 2009 et 2010, mais non en 2011. Tous ces individus n'ont pas effectué une traversée complète, ils ont été probablement attirés vers les passages seulement par l'appât.

<b>Français</b>	<b>Latin</b>	<b>Code</b>
Grand polatouche	<i>Glaucomys sabrinus</i>	<b>GLSA</b>
Lynx du Canada	<i>Lynx canadensis</i>	<b>LYCA</b>
Martre d'Amérique	<i>Martes americana</i>	<b>MAAM</b>
Pékan	<i>Martes pennanti</i>	<b>MAPE</b>
Musaraigne cendrée	<i>Sorex cinereus</i>	<b>SOCI</b>
Ours noir	<i>Ursus americanus</i>	<b>URAM</b>

En 2011, nous avons obtenu des images à partir des appareils photo installés à l'intérieur des 13 passages, dont 1 se trouvait à chaque entrée. Nous n'avons pas tenu compte des données recueillies en 2009 et 2010 puisque le MTMDET utilisait à cette époque des appâts pour attirer les animaux sauvages. Pour ces motifs, les préférences des espèces animales pour un type de passage n'ont pu être établies.

**(1) Tuyaux de béton armé (aux kms 106, 124, 125 et 133)**

Les quatre tuyaux de béton armé ont été inspectés, soit d'un diamètre de 60 ou bien de 90 cm, ils sont tous secs. Cependant, ils se trouvent chacun à moins de 2 m d'un ponceau de drainage mouillé. Le tuyau de béton armé installé au km 133 est le seul dont des arbres se trouvent à une distance inférieure à 6 m des deux entrées. Les pièges photographiques ont été mis en place entre juin et décembre 2011, ce qui équivaut à une période de 732 jours (tous les 4 tuyaux de béton armé ont été réunis). Chaque appareil photo fonctionnait pendant 183 jours.

**(2) Ponceaux rectangulaires avec pied sec de type tablette en bois (aux kms 88, 89 et 143)**

À leur tour, les trois ponceaux rectangulaires avec pied sec de type tablette en bois ont également été soumis à un contrôle. Les tablettes des deux structures

aménagées au km 89 et au km 143 contiennent de façon significative plus de béton que de bois à leur entrée. Toutefois, le matériau de la tablette qui traverse le ponceau est plutôt en bois. La structure du ponceau rectangulaire au km 88 a entièrement été conçue en bois (autant à son entrée que tout au long du passage). À ces trois passages fauniques, l'eau coule presque toute l'année durant. La quantité varie selon les saisons, mais l'eau n'atteint pas les tablettes. Les pièges photographiques ont été mis en place entre juin et décembre 2011, ce qui équivaut à une période de 561 jours (tous les 3 ponceaux ont été réunis). Les appareils photo qui se trouvaient à l'intérieur des passages au km 88 et au km 89 ont été mis en place pour une durée de 183 jours, tandis que l'équipement au km 143 fonctionnait pendant 195 jours. Des dénombrements distincts de journées d'observation ont été obtenus par le calcul du nombre approprié de franchissements complets sur une période de 100 jours.

### **(3) Ponceaux rectangulaires avec pied sec de type tablette en béton (aux kms 96, 98, 103, 109, 122 et 142)**

Parmi les 13 passages à l'étude, il y avait six ponceaux rectangulaires avec pied sec de type tablette en béton. Ils permettent l'écoulement, mais l'eau n'atteint pas les tablettes en règle générale. Les pièges photographiques ont été mis en place entre juin et décembre 2011, ce qui équivaut à une période de 1 097 jours (tous les 6 ponceaux ont été réunis). Les appareils photo qui se trouvaient à l'intérieur des passages au km 96, km 98, km 103, km 109 et km 142 ont été mis en place pour une durée de 183 jours, tandis que l'équipement au km 122 fonctionnait pendant 182 jours.

Environ 76 000 photos ont été prises pendant une période de plus de six mois. Les pièges photographiques à éclairage infrarouge de marque Reconyx (HC600 HyperFire) déclenchaient leur dispositif à une vitesse de 1/5 de seconde, lorsqu'un mouvement était détecté. Trois photos étaient saisies à chaque déclenchement d'un intervalle d'image à 1 seconde. Le temps approximatif afin de passer en revue toutes les photos dans un laboratoire de recherche était évalué à 160 heures, une moyenne de 475 images par heure. Le processus d'examen se déroulait en deux étapes : (1) le rejet des photos qui ne montraient aucun animal, mais des humains; et (2) l'utilisation des photos afin de déterminer si les animaux effectuaient un franchissement complet. Un animal n'était pas repéré sur de nombreuses images. Par exemple, pour le passage situé au km 124, environ 2 000 photos ne montraient que de l'herbe. Au cours des années suivantes, les appareils photo ont d'abord été déclenchés à détecter le mouvement pour ensuite être déplacés à l'intérieur des passages afin d'éviter la prise en images d'herbages et de suivre des animaux sur une plus longue distance. Le piège photographique Reconyx HC600 a une portée de 18,3 mètres (60 pieds) autant pour la vision diurne que nocturne (voir à la section 3.2.1).

Lors de la seconde phase de l'étude, deux écrans d'ordinateurs ont été utilisés afin de déterminer si les espèces avaient effectué un franchissement complet. Un individu avait été repéré grâce à deux appareils photo qui se trouvaient à chacune des entrées, il entrait par une extrémité puis ressortait de l'autre côté du passage. Aussi, une incursion a pu être distinguée, lorsqu'un animal est repéré par un seul appareil installé où s'il est vu entrer et sortir d'une même extrémité. La catégorie « inconnue » implique que ce dernier n'a pas été mis en place à la même date. Quant à celle qui correspond à une « incursion inconnue », les pièges photographiques se trouvaient dans la même situation que précédemment. Mais, il apparaît clairement que l'individu s'est seulement dirigé vers l'entrée sans effectuer un franchissement complet. Toutefois, les photos montrent que l'animal se dirige vers le passage faunique pour y ressortir par la même entrée. Les informations de chaque individu repéré étaient d'abord saisies sur une feuille de données. Les photos qui ont servi à identifier un franchissement complet devaient être prises dans un intervalle n'excédant pas quelques minutes.

Parfois, l'animal était photographié pendant une longue période de temps (chez certains, plus de 20 fois du même côté d'un passage) et les franchissements prenaient plus que quelques minutes. Un examen plus approfondi sera nécessaire afin de s'assurer qu'il s'agit bien du même individu.

### **Résultats**

Les constatations qui sont présentées ici portent seulement sur les animaux ayant entrepris une traversée d'une extrémité à l'autre. De petite et de moyenne taille, ils ont effectué des franchissements complets aux 13 passages fauniques. Dans l'ensemble, 17 espèces ont été identifiées à l'intérieur des tuyaux de béton armé (Tableau 3), ce qui correspond à la plus grande variété observée. 12 espèces ont utilisé les ponceaux de drainage munis d'un pied sec de type tablette en bois tandis que 13 espèces les ont imités en traversant les structures avec un pied sec en béton. Les espèces les plus communes qui ont été remarquées dans les passages PS (TBA) étaient les souris (39 observations entre juin et décembre 2011). En ce qui concerne les passages PTBois, il pouvait s'agir autant des souris que de l'écureuil roux (65 observations pour chaque espèce). À l'intérieur des structures munies d'un passage PTBét, les souris étaient également dominantes (33 observations). Aucune espèce n'a été aperçue dans tous les 13 passages fauniques, cependant les marmottes en ont utilisé le plus grand nombre (8).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau C.3** Nombre d'espèces remarquées à l'intérieur des trois types de passage.

<b>Types de passage</b>	<b>Espèces différentes</b>
Tuyau de béton armé	17
Pied sec en bois	12
Pied sec en béton	13

Le tableau C.4 résume l'utilisation par les animaux des types de passage, mais il ne tient pas compte des différences dans le dénombrement des jours d'observation.

En moyenne, nous avons observé 0,19 traversée complète par heure d'enregistrement, qui correspond à 4,5 traversées complètes par période de 24 heures. Ce calcul est basé sur l'ensemble des heures enregistrées pour tous les passages fauniques. Les mammifères de moyenne taille ont achevé plus de traversées par les ponceaux avec pied sec en bois (74) que par ceux munis de pied sec en béton (62) de même que par les tuyaux de béton armé (49). Quant à eux, les animaux de petite taille ont plus souvent utilisé les ponceaux avec pied sec en bois (127) et les tuyaux de béton armé (95) avant de choisir les ponceaux avec pied sec en béton (40).

**Tableau C.4** Nombre total d'individus, un regroupement par l'espèce, selon qu'ils sont des mammifères de moyenne ou de petite taille, et que nous avons observé en 2011 alors qu'ils réalisaient une traversée complète à l'intérieur de chaque type de passage.

<b>Mammifères de moyenne taille</b>				
<b>Espèce</b>	<b>4 tuyaux de béton armé (PS)</b>	<b>3 ponceaux avec pied sec en bois (PTBois)</b>	<b>6 ponceaux avec pied sec en béton (PTBét)</b>	<b>Total</b>
castor d'Amérique	0	2	0	<b>2</b>
vison d'Amérique	7	13	7	<b>27</b>
rat musqué	7	2	13	<b>22</b>
hermine	6	3	0	<b>9</b>
belette à longue queue	2	1	2	<b>5</b>
marmotte commune	12	48	29	<b>89</b>
porc-épic	6	1	2	<b>9</b>
raton laveur	5	0	1	<b>6</b>
renard roux	3	0	0	<b>3</b>

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

loutre des rivières	0	0	1	1
lièvre d'Amérique	1	0	1	2
mouffette rayée	0	2	0	2
espèces de belettes	0	2	6	8
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>74</b>	<b>62</b>	<b>185</b>
<b>Mammifères de petite taille</b>				
espèces de chauves-souris	1	0	0	1
tamias rayé	3	0	0	3
souris sauteuse des champs/des bois	1	0	0	1
espèces de souris	39	65	33	137
écureuil roux	7	9	3	69
musaraigne	10	0	2	12
espèces de souris campagnol	34	3	2	39
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>127</b>	<b>40</b>	<b>262</b>
<b>Grand total</b>	<b>240</b>	<b>336</b>	<b>142</b>	<b>718</b>

Afin de déterminer comment les types de passage se distinguent entre eux, en ce qui concerne l'utilisation par préférence des espèces, nous avons pris en considération le nombre d'individus par 100 jours d'observation pour tenir compte des dénombrements différents pour chaque type de passage de même que des jours d'observation qui diffèrent (Tableau C.5).

**Tableau C.5.a** Nombre d'individus par espèce qui ont été repérés dans les trois passages fauniques munis de pied sec en bois (dénombrements totaux par passage et par 100 jours d'observation, de même qu'une moyenne par 100 jours d'observation).

<b>Ponceaux de drainage rectangulaires avec pied sec de type tablette en bois (PTBois)</b>							
	km 88	km 89	km 143	km 88	km 89	km 143	
<i>Jours d'observation</i>				<i>par 100 jours d'observation</i>			
	183	183	195	100	100	100	Valeur moyenne, par 100 jours d'observation
<b>Mammifères de moyenne taille</b>							
castor d'Amérique	0	2	0	0	1,1	0	<b>0,4</b>

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

vison d'Amérique	0	13	0	0	7,1	0	<b>2,4</b>
rat musqué	0	2	0	0	1,1	0,0	<b>0,4</b>
hermine	0	0	3	0	0	1,5	<b>0,5</b>
belette à longue queue	0	1	0	0	0,55	0	<b>0,2</b>
marmotte commune	0	6	42	0	3,3	21,5	<b>8,3</b>
porc-épic	0	1	0	0	0,5	0	<b>0,2</b>
raton laveur	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
renard roux	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
loutre des rivières	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
lièvre d'Amérique	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
mouffette rayée	0	0	2	0	0	1,0	<b>0,3</b>
espèces de belettes	0	2	0	0	1,1	0	<b>0,4</b>
<b>Mammifères de petite taille</b>							
espèces de chauves-souris	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
tamia rayé	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
souris sauteuse des champs/des bois	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
espèces de souris	65	0	0	35,5	0	0	<b>11,8</b>
écureuil roux	59	0	0	32,2	0	0	<b>10,7</b>
musaraigne	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
espèces de souris campagnol	0	3	0	0	1,6	0	<b>0,5</b>
inconnus	7	0	0	3,8	0	0	<b>1,3</b>
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>30</b>	<b>47</b>	<b>71,5</b>	<b>16,39</b>	<b>24,10</b>	<b>37</b>

**Tableau C.5.b** Nombre d'individus par espèce qui ont été repérés dans les six passages fauniques munis de pied sec en béton (dénombrements totaux par passage et par 100 jours d'observation, de même qu'une moyenne par 100 jours d'observation).

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Ponceaux de drainage rectangulaires avec pied sec de type tablette en béton</b>													
	km 96	km 98	km 103	km 109	km 122	km 142	km 96	km 98	km 103	km 109	km 122	km 142	
<i>Jours d'observation</i>	183	183	183	183	182	183	100	100	100	100	100	100	Valeur moyenn e, par 100 jours d'observ ation
<b>Mammifères de moyenne taille</b>													
castor d'Amérique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
vison d'Amérique	0	1	2	0	4	0	0	0,55	1,09	0	2,20	0	<b>0,6</b>
rat musqué	0	0	10	0	3	0	0	0	5,46	0	1,65	0	<b>1,2</b>
hermine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
belette à longue queue	1	1	0	0	0	0	0,55	0,55	0	0	0	0	<b>0,2</b>
marmotte commune	0	7	0	0	5	17	0	3,83	0	0	2,75	9,29	<b>2,6</b>
porc-épic	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1,10	0	<b>0,2</b>
raton laveur	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,55	0	<b>0,1</b>
renard roux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
loutre des rivières	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,55	0	<b>0,1</b>
lièvre d'Amérique	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,55	0	<b>0,1</b>
mouffette rayée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
espèces de belettes	0	1	0	0	5	0	0	0,55	0	0	2,75	0	<b>0,55</b>
<b>Mammifères de petite taille</b>													
espèces de chauves-souris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
tamia rayé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
souris sauteuse des champs/des bois	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
espèces de souris	0	16	17	0	0	0	0	8,74	9,29	0	0	0	<b>3,0</b>
écureuil roux	0	1	0	2	0	0	0	0,55	0	1,09	0	0	<b>0,3</b>
musaraigne	0	0	2	0	0	0	0	0	1,09	0	0	0	<b>0,2</b>
espèces de souris campagnol	0	1	0	0	1	0	0	0,55	0	0	0,55	0	<b>0,2</b>
inconnus	0	1	0	4	0	0	0	0,55	0	2,19	0	0	<b>0,5</b>
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>6</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>0,55</b>	<b>15,85</b>	<b>16,94</b>	<b>3,28</b>	<b>12,65</b>	<b>9,29</b>	<b>9,7</b>

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau C.5.c** Nombre d'individus par espèce qui ont été repérés dans les quatre passages fauniques en tuyau de béton armé (dénombrements totaux par passage et par 100 jours d'observation, de même qu'une moyenne par 100 jours d'observation).



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

<b>Tuyaux de béton armé (PS)</b>									
	km 124	km 125	km 133	km 106	km 124	km 125	km 133	km 106	
<i>Jours d'observation</i>	183	183	183	183	100	100	100	100	<i>Valeur moyenne, par 100 jours d'observation</i>
<b>Mammifères de moyenne taille</b>									
castor d'Amérique	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vison d'Amérique	0	5	2	0	0	2,7	1,1	0	1,0
rat musqué	1	4	2	0	0,55	2,2	1,1	0	1,0
hermine	0	2	4	0	0	1,1	2,2	0	0,8
belette à longue queue	0	1	1	0	0	0,55	0,55	0	0,3
marmotte commune	4	6	0	2	2,2	3,3	0	1,1	1,6
porc-épic	0	1	1	4	0	0,55	0,55	2,2	0,8
raton laveur	0	0	5	0	0	0	2,7	0	0,7
renard roux	3	0	0	0	1,6	0	0	0	0,4
loutre des rivières	0	0	0	0	0	0	0	0	0
lièvre d'Amérique	0	0	0	1	0	0	0	0,55	0,1
mouffette rayée	0	0	0	0	0	0	0	0	0
espèces de belettes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Mammifères de petite taille</b>									
espèces de chauves-souris	1	0	0	0	0,55	0	0	0	0,1
tamias rayé	0	0	3	0	0	0	1,6	0	0,4
souris sauteuse des champs/des bois	0	1	0	0	0	0,55	0	0	0,1
espèces de souris	18	21	0	0	9,8	11,5	0	0	5,3
écureuil roux	0	6	1	0	0	3,3	0,55	0	1,0
musaraigne	4	6	0	0	2,2	3,3	0	0	1,4
espèces de souris campagnol	7	20	3	4	3,8	10,9	1,6	2,2	4,6
inconnus	1	5	9	0	0,55	2,7	4,9	0	2,0
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>78</b>	<b>31</b>	<b>11</b>	<b>21,3</b>	<b>42,6</b>	<b>16,8</b>	<b>6,01</b>	<b>21,6</b>

Les visons, les marmottes, les souris et les écureuils roux ont préféré traverser des **passages fauniques munis d'un pied sec de type tablette en bois** (Tableau B.6). Toutefois, ces données ne sont pas statistiquement significatives. En moyenne, 11,8 individus des espèces de souris ont utilisé les **passages avec pied sec en bois** par période de 100 jours d'observation par rapport à 0,5 individu des espèces de campagnols qui a pris la même décision. Par contre, la musaraigne et les espèces de campagnols ont plutôt préféré les tuyaux de béton armé (statistiquement significatif). Afin de conclure quant à la raison pour laquelle ces espèces de taille similaire vont se retrouver plus fréquemment à l'intérieur d'un type de passage en particulier, nous devons tenir compte d'un certain nombre de facteurs environnants. Parmi ceux-ci, il faut inclure : les habitats que privilégient chacune des espèces, leur aire de nidification, la taille de la population, le couvert végétal aux entrées de chaque passage et le niveau d'eau qui circule à l'intérieur, la proximité des arbres, l'impact laissé par les chercheurs alors qu'ils installaient les appareils photo (l'odeur imprégnée sur ceux-ci, la répercussion de la végétation en raison de la captation d'empreintes) de même que la taille des structures aménagées.

Sa largeur plus grande et la présence d'eau sont prises en considération pour être les principales différences entre les passages fauniques munis d'un pied sec en bois et les tuyaux de béton armé. Ce tuyau est plutôt sec, alors que les ponceaux avec pied sec en béton ou en bois permettent en règle générale l'écoulement, cependant l'eau n'atteint pas d'ordinaire les tablettes que les animaux vont utiliser.

Bien que 13 espèces distinctes aient été observées à l'intérieur des passages fauniques munis d'un pied sec en béton, toutefois pour peu d'individus. Parmi les espèces qui ont utilisé le plus souvent ce type de structure, il fallait inclure : les souris et la marmotte. Toutefois, les souris et les marmottes ont préféré le pied sec en bois lorsque nous comparons les dénombrements pour les autres types de passage (Tableau C.6). Ces données ne sont pas statistiquement significatives.

Les observations étaient insuffisantes pour établir les préférences pour les types de passages des espèces suivantes repérées en 2011 : le castor d'Amérique, les espèces de chauves-souris, le tamia rayé, l'hermine, la belette à longue queue, la souris sauteuse des champs/des bois, le porc-épic, le raton laveur, le renard roux, la loutre des rivières, le lièvre d'Amérique, la mouffette rayée de même que les espèces de belettes. La présence de moins de 10 individus avait été signalée pour toutes (Tableau C.4). En revanche, ces résultats nous prouvent quand même que ces espèces sont en mesure d'utiliser l'un des passages fauniques aménagés dans la forêt boréale.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau C.6** Nombre moyen d'individus par espèce qui ont été repéré dans les trois types de passages fauniques par 100 jours d'observation (franchissements complets).

	Type de passage faunique		
	Pied sec en bois (PTBois)	Pied sec en béton (PTBét)	PS (TBA)
<b>Mammifères de moyenne taille</b>			
castor d'Amérique	0,4	0	0
vison d'Amérique	2,4	0,6	1
rat musqué	0,4	1,2	1
hermine	0,5	0	0,8
belette à longue queue	0,2	0,2	0,3
marmotte commune	8,3	2,6	1,6
porc-épic	0,2	0,2	0,8
raton laveur	0	0,1	0,7
renard roux	0	0	0,4
loutre des rivières	0	0,1	0
lièvre d'Amérique	0	0,1	0,1
mouffette rayée	0,3	0	0
espèces de belettes	0,4	0,55	0
<b>Mammifères de petite taille</b>			
espèces de chauves-souris	0	0	0,1
tamias rayé	0	0	0,4
souris sauteuse des champs/des bois	0	0	0,1
espèces de souris	11,8	3	5,3
écureuil roux	10,7	0,3	1
musaraigne	0	0,2	1,4
espèces de souris campagnol	0,5	0,2	4,6
inconnus	1,3	0,5	2,0
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>9,84</b>	<b>21,78</b>

## Discussion

### *Préférences pour les types de passage*

Nos constatations indiquent que les trois passages se distinguent en matière des espèces qui les utilisent. Il importe que les agences de transport installent néanmoins par alternance une combinaison de types satisfaisante. Par exemple, les musaraignes ont développé une attirance pour les tuyaux en béton armé. Un nombre d'individus de 1,4 les atteignait en moyenne à chaque passage par 100 jours d'observation, tandis que seulement 0,2 a utilisé les ponceaux avec pied sec en béton de même qu'aucun pour les ponceaux avec pied sec en bois. Si seulement ces derniers étaient installés, un réel danger guette les musaraignes à ne jamais pouvoir réaliser une traversée complète. En revanche, les écureuils roux sont attirés par les ponceaux avec pied sec en bois. Un nombre d'individus de 10,7 les atteignait en moyenne à chaque passage par 100 jours d'observation, tandis que seulement 0,3 a utilisé les ponceaux avec pied sec en béton de même que 1 seul pour les tuyaux en béton armé.

Nos résultats suggèrent que les types de passages fauniques suivants sont bien utilisés par les espèces ci-dessous :

- (a) Ponceaux avec pied sec en bois : vison d'Amérique, marmotte commune, espèces de souris et écureuil roux
- (b) Ponceaux avec pied sec en béton : rat musqué
- (c) Tuyau de béton armé : espèces de souris campagnols, espèces de musaraignes et rat musqué (préférences semblables aux ponceaux avec pied sec en béton)

Les résultats indiquent également que les espèces de souris, les marmottes, les écureuils roux et les rats musqués ont utilisé ces trois types de passages. La taille des échantillons qui correspond aux autres espèces est trop faible (moins de 10 individus) pour tirer des conclusions sur leurs préférences.

Dans l'ensemble, les ponceaux avec pied sec en bois ont obtenu une valeur de 37, la moyenne la plus élevée en ce qui concerne le nombre d'individus par 100 jours d'observation. Ce résultat indique que les espèces étudiées peuvent avoir été attirées par le type de matériau choisi, la couleur ou l'odeur des pieds secs en bois ou alors si les ponceaux étaient situés dans un habitat privilégié.

Le nombre d'espèces qui ont utilisé des passages nous intéresse, même pour les situations où un seul individu est impliqué. Par exemple, une loutre de rivières et une souris sauteuse des champs/des bois avaient été repérées en 2011 (Tableau 4). Une possibilité existe alors que d'autres mammifères de petite et de moyenne taille pourraient utiliser ces passages. Aucun vison n'a été observé à réaliser une traversée complète du ponceau avec pied sec en béton installé au km 96. Toutefois, un individu de cette même espèce a été aperçu à marcher sur l'eau et à effectuer un franchissement complet.

Un spécimen (d'une espèce inconnue) a utilisé un ponceau avec pied sec en béton par la nage, il a réalisé une traversée complète à l'installation qui se trouvait au km 109. La photo saisie n'a pas permis d'identifier l'animal par manque de clarté. Une possibilité existe aussi à ce qu'un nombre plus élevé d'espèces se déplacent par l'eau lorsqu'elles empruntent les passages.

Les données recueillies par le MTMDET révèlent également que le grand polatouche, le lynx du Canada, la martre d'Amérique, le pékan de même que la musaraigne cendrée ont entrepris une incursion à certains des passages fauniques. Ils étaient tous confirmés grâce à des relevés d'empreintes en 2009 et 2010 (Tableau B.2). Cependant, ces animaux peuvent avoir été attirés à l'époque et encouragés à utiliser ces passages par de la viande de castor laissée comme appât aux entrées. Durant cette même période de 2 ans, ces installations en surveillance ont également été appâtées avec des sardines et de la viande de castor pour les inciter à venir.

Toutefois, en raison de la petitesse de l'échantillon et la faiblesse de la puissance statistique, bien peu des différences observées se sont avérées statistiquement significatives. En ce qui regarde les préférences des espèces pour certains types de passages fauniques, elles peuvent être reconnues à titre individuel ou au sein de l'un des groupes suivants : semi-aquatique/terrestre, omnivore/herbivore/carnivore ou bien que les deux types de passages avec pieds secs soient regroupés ensemble pour chacun de ces derniers. Quelques exceptions existent, y compris :

- (1) les espèces de souris campagnol ont préféré les tuyaux de béton armé plutôt que les passages fauniques avec pied sec en bois et en béton (valeur p de 0,039 à partir d'une analyse de la variance dans le premier cas, et valeur p de 0,00925 à partir du test de Student dans l'autre lorsque les deux types de ponceaux sont regroupés ensemble);
- (2) les musaraignes ont aussi été attirées par les tuyaux de béton armé plutôt que les passages avec pieds secs (valeur p de 0,04364 à partir du test de Student).

La principale différence entre les tuyaux de béton armé et les ponceaux avec pieds secs en bois et en béton se trouve du côté des tuyaux qui restent toujours secs. Les espèces à l'étude pouvaient vouloir éviter l'eau qui circule à l'intérieur des ponceaux. Toutefois, elle pourrait aussi être attribuable à une autre caractéristique propre à leur écologie; p. ex., une attirance pour les milieux moins ouverts. L'identification de la raison exacte exigerait davantage de travaux de recherche au cours des années à venir.

Ces résultats nous permettent une amorce de compréhension à savoir quelles espèces utilisent les passages fauniques en forêt boréale. Les données en ce qui regarde la mortalité routière le long de la route nous aiderons à mieux comprendre celles qui ne le font pas. Par exemple, le porc-épic d'Amérique, une espèce commune retrouvée près de la route 175, a été repéré à circuler

dans les passages seulement neuf fois en 2011. En détail, il s'agit de : six individus qui ont été repérés à réaliser une traversée complète à l'intérieur d'un tuyau de béton armé, un individu à l'intérieur d'un ponceau avec pied sec en bois de même que deux autres à l'intérieur d'un ponceau avec pied sec en béton. Ces porcs-épics ont présenté la fréquence la plus élevée en matière de mortalité routière le long de la route 175 (Bélanger-Smith 2014, Plante 2016). À titre comparatif, leur utilisation peu fréquente des passages peut s'expliquer par le comportement de cette espèce; un animal arboricole qui ne perd pas son temps sous terre. Des travaux de recherches supplémentaires sont requis afin de déterminer comment aider cette espèce à traverser sans danger une rue. Une amélioration des clôtures en place et des passages supérieurs installés peuvent être des pistes de solutions afin de réduire la mortalité routière des porcs-épics.

Nos résultats révèlent également quelques différences sur l'utilisation des passages fauniques par les herbivores, les omnivores de même que les carnivores. Les dénombrements d'individus par 100 jours d'observation étaient parmi les plus élevés pour les omnivores et les herbivores. Les espèces de souris et les écureuils roux ont utilisé les trois types de passages, bien qu'ils favorisent les ponceaux avec pied sec en bois (Figure C.2). Quant à eux, le vison, le rat musqué ainsi que la marmotte ont utilisé les trois types, quoiqu'il n'y ait pas d'écart important entre chacune des infrastructures sauf pour la marmotte (non statistiquement significatif). Le dénombrement par 100 jours d'observation de traversées complètes par les individus carnivores était inférieur aux deux autres groupes d'animaux, comme leurs densités de population. Puisque le nombre d'observations était également trop petit, aucune conclusion n'a pu être tirée à ce stade-ci en ce qui concerne les préférences de ces carnivores. Dans l'ensemble, nous n'avons pas remarqué de différences statistiquement significatives entre le type de passages et le régime alimentaire. Les figures C.1 et C.2 peuvent être consultées pour apporter des réponses à la question à savoir quels ponceaux sont nécessaires afin de protéger toutes les espèces à l'étude. Les tuyaux de béton armé ont été utilisés à deux reprises par le vison, le rat musqué, l'hermine, la belette à longue queue, le porc-épic, le raton laveur, le renard roux, la marmotte, le tamia rayé, l'écureuil roux, les souris, les musaraignes de même que les espèces de souris campagnol (Tableau C.4). Lorsque les tuyaux de béton armé sont aménagés, les ponceaux avec pied sec de type tablette en bois doivent être ensuite installés afin de protéger les castors, la moufette rayée ainsi que les espèces de belettes de manière plus approfondie. Il faut noter que les visons, les écureuils roux, les marmottes et les souris semblent aussi préférer ce dernier type de passage. Lorsque les tuyaux de béton armé ainsi que les ponceaux avec pied sec de type tablette en bois sont aménagés, toutes les espèces seront protégées sauf la loutre des rivières. Au fait, les seuls animaux qui peuvent préférer les tuyaux

de béton aux autres types de passage sont cette espèce de loutre et les rats musqués. Cependant, la taille de l'échantillon qui correspond aux loutres des rivières de même que du lièvre d'Amérique est très faible (seulement 1 individu); pour cette raison, les conclusions à tirer demeurent fort incertaines. Il faut aussi noter que ces arguments ne tiennent pas compte de la présence ou non d'un terre-plein au centre du passage (aux kms 88, 96, 98, 106, et 143 un terre-plein central s'y trouve).

### ***Collecte des données***

Nous avons également pu tirer des leçons pratiques à propos de notre étude, celles-ci pourraient s'avérer utiles dans le cadre d'autres projets qui portent sur l'efficacité des passages fauniques conçus pour les mammifères de petite et de moyenne taille. Lors de travaux sur de plus grands animaux (p. ex. élan d'Amérique, cerf et loup), les chercheurs ont pu examiner aux environs de 2 000 images par heure (Clevenger et coll. 2001). Quant à la nôtre, seules 475 images ont été visualisées par heure. Ce processus a pris plus de temps que prévu, car l'identification des mammifères de petite et de moyenne taille s'avère plus longue que pour les plus grands animaux. Par exemple, de nombreuses espèces de rongeurs peuvent facilement être mal identifiées puisqu'elles atteignent une taille similaire. Un campagnol peut être confondu avec une souris, surtout si la photo manque de clarté afin d'identifier les caractéristiques de sa queue et reconnaître sa forme corporelle. Il lui ressemble, mais le corps du campagnol se trouve à être plus robuste comme sa queue plus courte et velue. En outre, quelques espèces ont passé plus d'une heure à l'entrée d'un passage, ce qui a impliqué l'examen de plus de 100 photos par individu lors d'un épisode de franchissement. Les espèces étaient surtout identifiées à l'aide de guides appropriés alors que quelques photos étaient acheminées à un biologiste plus expérimenté. Dans le cadre d'études ultérieures, nous recommandons qu'un triangle de bois de dimensions adéquates soit placé à l'intérieur du champ de vision de l'appareil photo qui se trouve dans chacun des passages fauniques afin d'aider à l'identification des espèces.

Lors de cette étude, les appareils photo n'étaient pas toujours mis initialement en place le même jour. Cette situation créait des difficultés supplémentaires lorsque nous tentions de déterminer si l'espèce effectuait une incursion ou réalisait une traversée complète. Si un appareil photo arrivait à manquer pour une extrémité du passage, un franchissement complet ne pouvait être confirmé. Le fait de déterminer si un individu allait réaliser une traversée complète ou bien tenter une incursion s'avérait être exigeant comme procédure. Par conséquent, un examen attentif devenait nécessaire, et de nombreuses photos devaient être passées en revue plus d'une fois.

Un autre enjeu portait sur les appareils photo non synchronisés. Par exemple, quelques-uns, à une extrémité du passage, étaient préprogrammés pour l'heure du matin pendant qu'ils l'étaient pour la soirée à l'autre. Uniquement après l'analyse et l'identification d'individus qui se ressemblent à partir de photos prises à différentes heures de la journée (matinée et soirée), nous sommes arrivés à la conclusion que les appareils photo n'étaient pas préprogrammés de manière convenable. À titre d'exemple, une marmotte qui se distinguait par une tache unique sur sa fourrure a été repérée à 12 h 13 min 53 s (en soirée) grâce à un appareil photo à l'entrée est, tandis que l'appareil qui se trouvait à l'ouest indiquait 12 h 16 min 48 s (en matinée). L'image qui provenait de ce dernier appareil a été clairement prise durant le jour puisqu'elle apparaissait en couleurs non en noir et blanc, grâce à une disponibilité de lumière. Cette marmotte avait réalisé une traversée complète, mais elle n'aurait pu être confirmée si le chercheur ne s'était pas rendu compte de l'erreur de synchronisme.

La synchronisation des appareils photo et la cohérence dans les dossiers (où sont rangées les photos), mais surtout les dates peuvent aider à l'efficacité du processus de collecte de données. Les dates de début et de fin du processus de surveillance doivent apparaître aux dossiers, elles permettront au chercheur d'estimer avec plus d'exactitude le dénombrement des jours d'observation.

Les appareils ne devaient prendre que des photos lorsqu'ils détectaient un quelconque mouvement. En outre, les fonctionnalités à l'infrarouge ont permis que les images soient aussi prises durant la nuit. Toutefois, des limites ont été perçues, comme la disposition et l'angle d'orientation de l'appareil qui détermineront quels individus peuvent être identifiés de ceux qui ne le sont pas (Clevenger et coll. 2000). Si les appareils photo se trouvaient trop loin de l'entrée du passage, certains des animaux ne seraient pas repérés. Le détecteur de mouvement ne peut déceler la présence de tous les individus, notamment les plus petites créatures comme une souris. Une prise de vue avec un objectif à longue focale se préconisait afin d'accroître la probabilité d'identifier à juste titre un individu, surtout si celui-ci se déplaçait rapidement. De plus, les appareils photo fonctionnaient avec des piles et étaient munis de lentilles qui devaient être entretenues pour des données de bonne qualité. Cette méthode est onéreuse en raison des coûts initiaux en équipement et du risque élevé de vol (Ford et coll. 2009).

Les résultats qui portent sur la préférence du type de passage parmi les espèces à l'étude auraient pu changer si les appareils photo étaient mis en place pour une année complète, au lieu de l'été et l'automne seulement. Une évaluation plus juste de l'utilisation des passages fauniques aurait pu être établie si l'étude avait été menée sur une période plus longue. Un minimum de 5 ans serait nécessaire afin d'évaluer avec plus d'exactitude la manière dont les espèces utilisent les divers types de passages (van der Grift et coll. 2013). Elles



sont nombreuses à prendre plusieurs années (de 4 à 8 ans) à s'acclimater à utiliser des passages fauniques, ces périodes de temps devraient être prises en considération. De façon générale, les espèces qui les utilisent plus rarement devraient avoir recours à une période de temps plus longue. Une analyse en puissance peut s'effectuer afin de bien déterminer cette variable qu'est le temps. Ce projet pilote a réuni de l'information utile pour concevoir des études ultérieures et nous permettre de comparer ces résultats avec ceux à obtenir au cours des prochaines années.

### **Recommandations**

Les tuyaux de béton armé rendent service au plus vaste éventail d'espèces, et doit être choisi en premier lieu, de préférence avec les passages fauniques avec pied sec de type tablette en bois. Quant à eux, les ponceaux de drainage munis d'un pied sec de type tablette en béton sont les moins utilisés et peuvent être nécessaires que pour quelques espèces. Ainsi, ils ne doivent pas être choisis aussi souvent que les tuyaux de béton armé et passages avec pied sec de type tablette en bois. Au fait, certains d'entre eux pourraient être améliorés par le recouvrement de la surface des tablettes en béton avec du bois.

### ***Suggestions quant aux futurs travaux de recherche***

Nos résultats en révèlent peu sur les espèces carnivores et prédatrices, car elles n'abondaient pas. Les martres et les lynx n'utilisaient pas les passages en 2011, ils n'ont pas été remarqués. Les porcs-épics ne les fréquentaient pas autant que nous l'aurions prévu. Ils tentent de traverser la chaussée à même les voitures, mais ils se font souvent tuer par la circulation routière.

Des arbres se trouvaient à une distance inférieure à 6 mètres des deux entrées pour un seul des 13 passages alors que de la matière quelconque, des roches de même que des débris jonchaient le sol près des 12 autres. Ce décor peut s'avérer avantageux pour les petits mammifères afin qu'ils restent à l'abri des prédateurs. Une zone dénudée d'herbes et d'arbres n'avantagera pas les animaux de moyenne taille puisqu'ils ne peuvent se cacher. De nombreuses espèces de proies vont se trouver vulnérables à s'aventurer en direction de milieux ouverts qui ne seront pas couverts en herbes hautes, en arbustes et en arbres. Afin d'attirer et d'encourager les espèces à utiliser les passages pour qu'ils puissent traverser en sécurité, nous suggérons de planter à proximité de ceux-ci des herbages, des arbustes de même que du couvert forestier. Cette approche doit également être prise en considération au moment de planifier l'installation de nouveaux passages fauniques.

Un autre aspect majeur à prendre en considération lors d'aménagements futurs concerne les distances qui séparent les passages fauniques le long de la route. Bissonette et Adair (2008) suggèrent de les aménager en fonction de la taille de leur domaine vital. Par exemple, une distance qui les sépare de 1,6 km peut

s'avérer un bon choix pour le cerf de Virginie ainsi que le cerf mulot, surtout dans des zones où la mortalité routière est élevée et les franchissements sont fréquents. Si les valeurs des mammifères de petite et de moyenne taille sont regroupées ensemble, ces animaux utiliseraient en moyenne un domaine vital de 67 ha selon une échelle superficielle de zone. Une distance de 820 m est alors proposée par Bissonette et Adair (2008) pour ce même groupe, et les travaux de Carsignol et coll. (2005) recommandent plutôt qu'un passage soit aménagé à tous les 300 m. Une plus longue étude sera nécessaire en ce qui regarde les passages installés le long de la route 175 afin de déterminer l'espacement approprié entre ceux-ci de même que la longueur requise de la clôture.

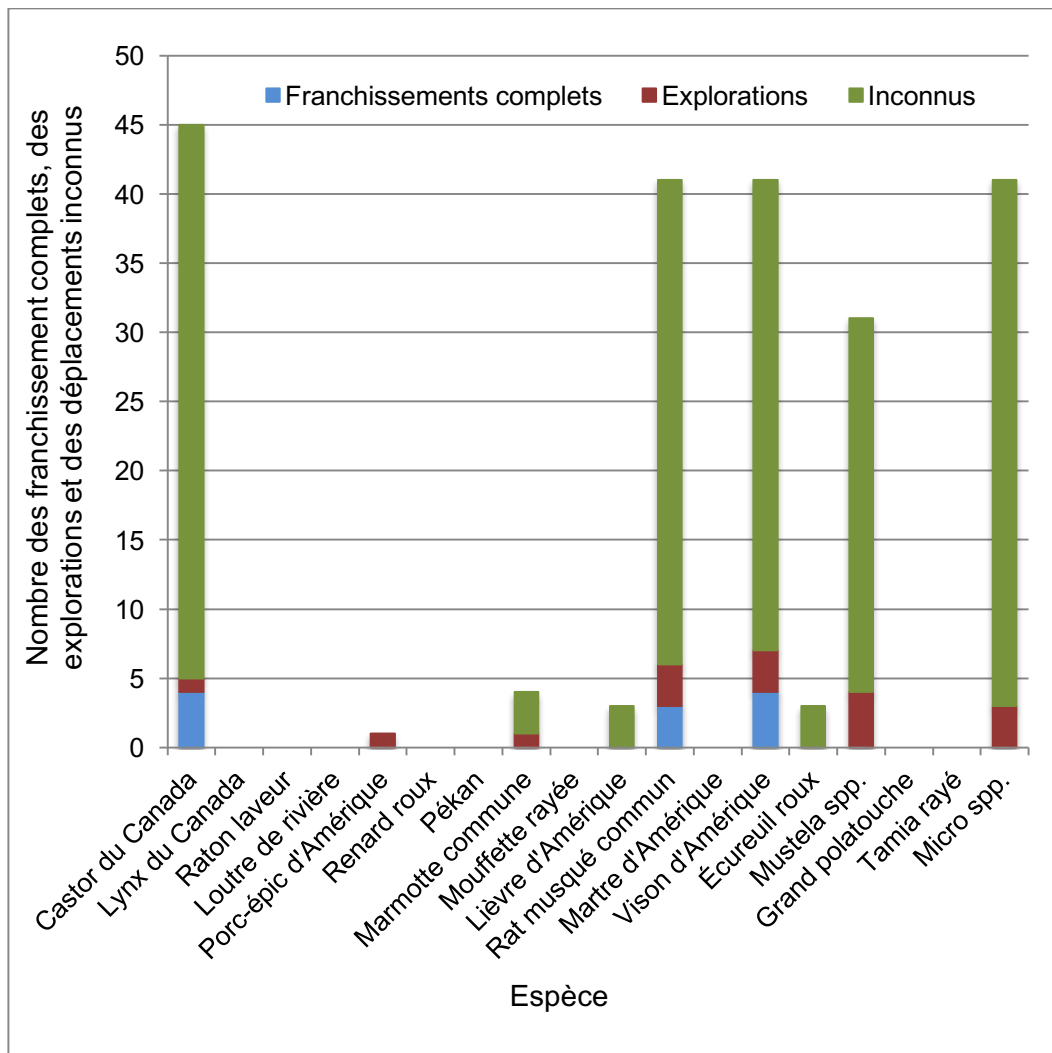
À propos des différents types de passages fauniques aménagés le long de cette route, nous recommandons qu'ils soient surveillés jour et nuit à l'aide d'appareils photo avec détecteur de mouvement infrarouge. Nous suggérons également que la période nécessaire aux observations soit prolongée et couvre les quatre saisons dans le but de bien comprendre les préférences des espèces. Une autre de nos recommandations porte sur les appareils photo afin qu'ils soient disposés davantage à l'intérieur des passages pour un meilleur repérage des individus. De plus, des gants devraient être portés au moment de leur mise en place pour prévenir les odeurs humaines imprégnées qui pourraient faire renoncer les espèces à utiliser les passages. Des travaux de recherche à long terme sur une base continue nous aideront à déterminer l'endroit le long de la route où les différents types de passages devraient être aménagés. Cette mesure pourrait permettre de répondre aux besoins de tous les mammifères de petite et de moyenne taille qui peuplent la forêt boréale. Comprendre leur comportement et connaître leurs habitats privilégiés nous aideront dans ces travaux en cours. Notre projet pilote offre ici une bonne compréhension générale sur les préférences des espèces en ce qui regarde l'utilisation des types de passages. Des études ultérieures pourront, à des fins de comparaison, se servir de ces constatations.

**ANNEXE D**  
**RÉSULTATS AU PASSAGE AU KM 138**

---

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Au passage à faune au km 138 (PBBét), des franchissements complets ont été documentés pour trois espèces seulement (castor du Canada 4x, vison d'Amérique 4x et rat musqué commun 3x). Plusieurs explorations et de nombreux mouvements inconnus ont également été observés pour ces espèces. De plus, des explorations et / ou des mouvements inconnus ont été observés pour six autres espèces (micro-mammifères, *Mustela* spp., marmotte commune, lièvre d'Amérique et porc-épic d'Amérique; Fig. D.1).

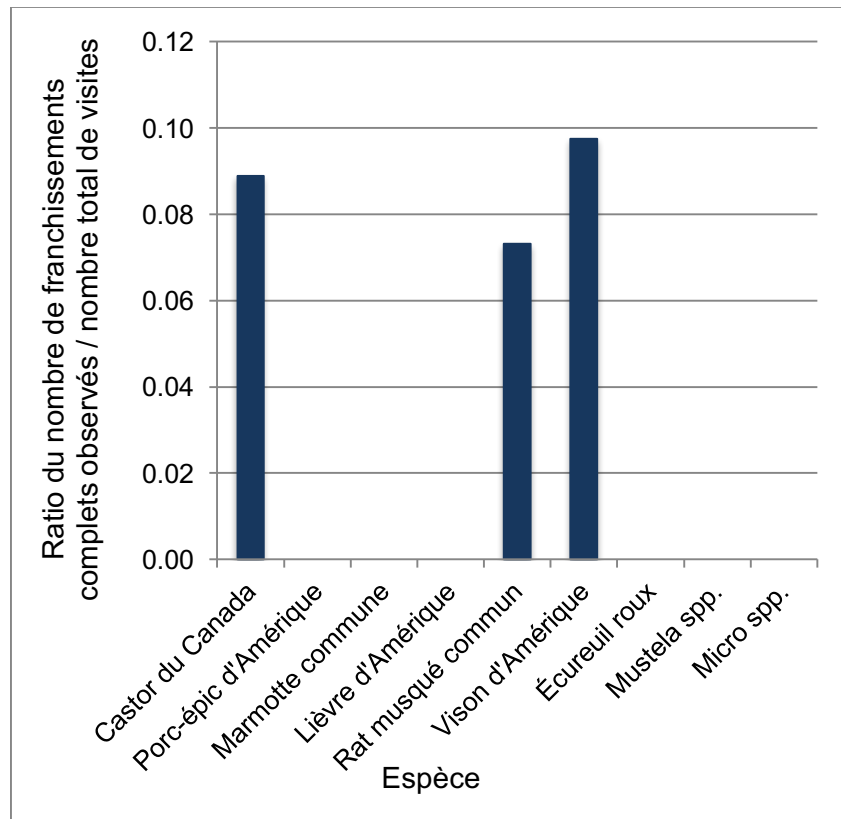


**Figure D.1** Nombre total des franchissements complets, des explorations et des déplacements inconnus au km 138 documentés de 2012 à 2015 selon chaque espèce (ou groupe). Leur somme donne le nombre total des découvertes (visites). Les espèces (ou groupes) sont ordonnées par

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

valeurs décroissantes de masse corporelle (de la plus pesante à la plus légère)

Pour toutes les espèces, le ratio du nombre de franchissements complets observés sur le nombre total de visites documentées inférieur au ratio moyen de tous les autres passages à faune (Fig. D.2, comparée à la Fig. 4.22).



**Figure D.2** Ratio du nombre de franchissements complets observés sur le nombre total de visites documentées de 2012 à 2015 selon chaque espèce (ou groupe) au km 138 (PBBét). Les espèces sont ordonnées par valeurs décroissantes de masse corporelle (de la plus pesante à la plus légère)



**ANNEXE E**  
***DOMAINES VITAUX DES MARTRES D'AMÉRIQUE***

---

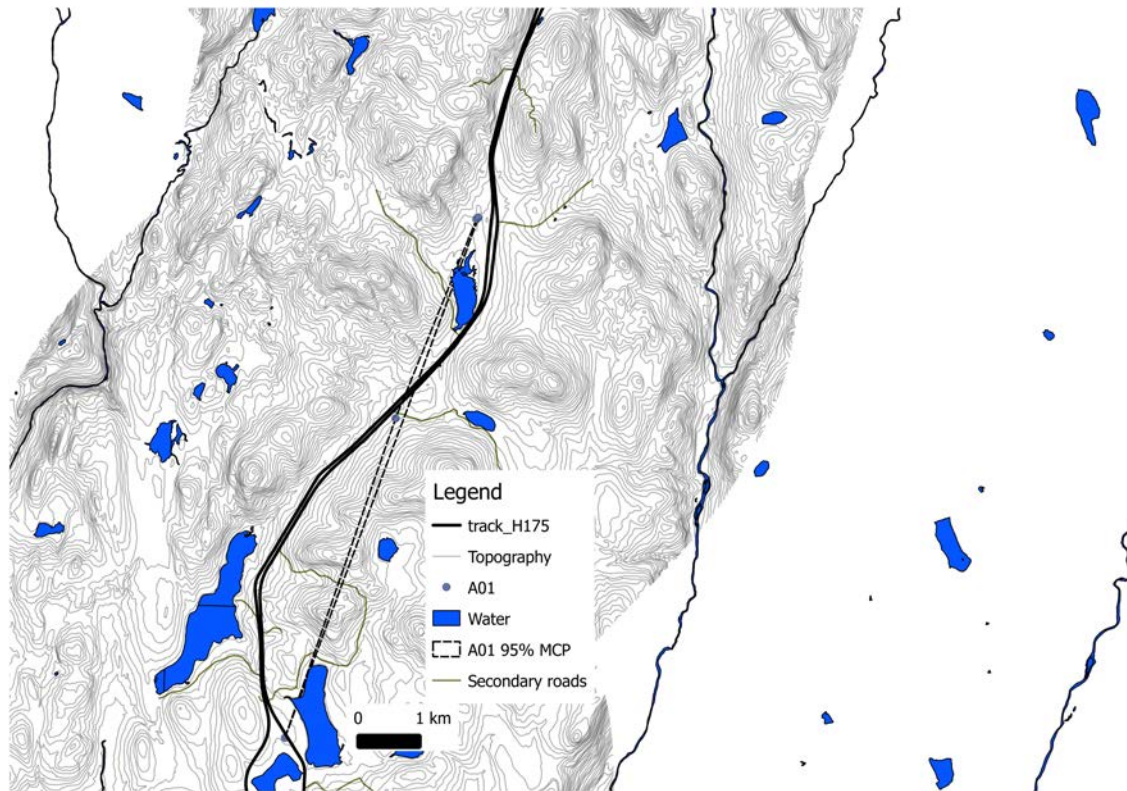
### E.1 Estimation des domaines vitaux des martres d'Amérique le long des routes 175 et 381

**Tableau E.1** Données de juillet 2013 à août 2015. Les martens avec moins de huit localisations ont été omis de du tableau. Martens avec 8 à 34 localisations sont inclus ici dans l'annexe pour la comparaison. (\* martens avec le collier retiré, \*\* martre morte / disparue, (r) translocée).

Marten	Sex	Road	N <sup>o</sup> localitions	Home range size (km <sup>2</sup> )		
				Kernel 50%	Kernel 95%	MCP 95%
A02	M	175	58	0.75	6.1	4.3
A04	M	175	12	0.95	5	0.73
A05**	M	175	51	0.52	6.04	3.51
A06*	M	175	51	1.26	6.83	3.47
A07**	M	175	16	3.32	16.25	5.23
A08(r)*	M	175	52	0.9	12.75	11.92
A09**	M	175	15	0.45	2.84	1.23
A10**	M	175	12	0.02	0.27	5.14
A13	F	175	10	0.01	0.15	1.04
A14*	M	175	15	0.01	0.26	2.12
A15	M	175	11	0.86	4.36	1.23
A16	M	175	22	1.3	16.47	9.79
A16post	M	175	14	1.12	11.35	3.43
A16Pre	M	175	8	0.83	6.61	3.18
B02**	M	381	19	0.93	6.01	2.94
B03**	M	381	45	1.06	13.25	8.06
B04*	M	381	49	2.84	16.73	10.43
B05**	M	381	40	0.06	3.29	4.6
B06	?	381	11	0.13	1.93	3.32
B07*	M	381	17	0.31	3.26	6.15
B08	M	381	18	0.53	6.52	2.45
B10	F	381	23	0.72	5.26	2.34

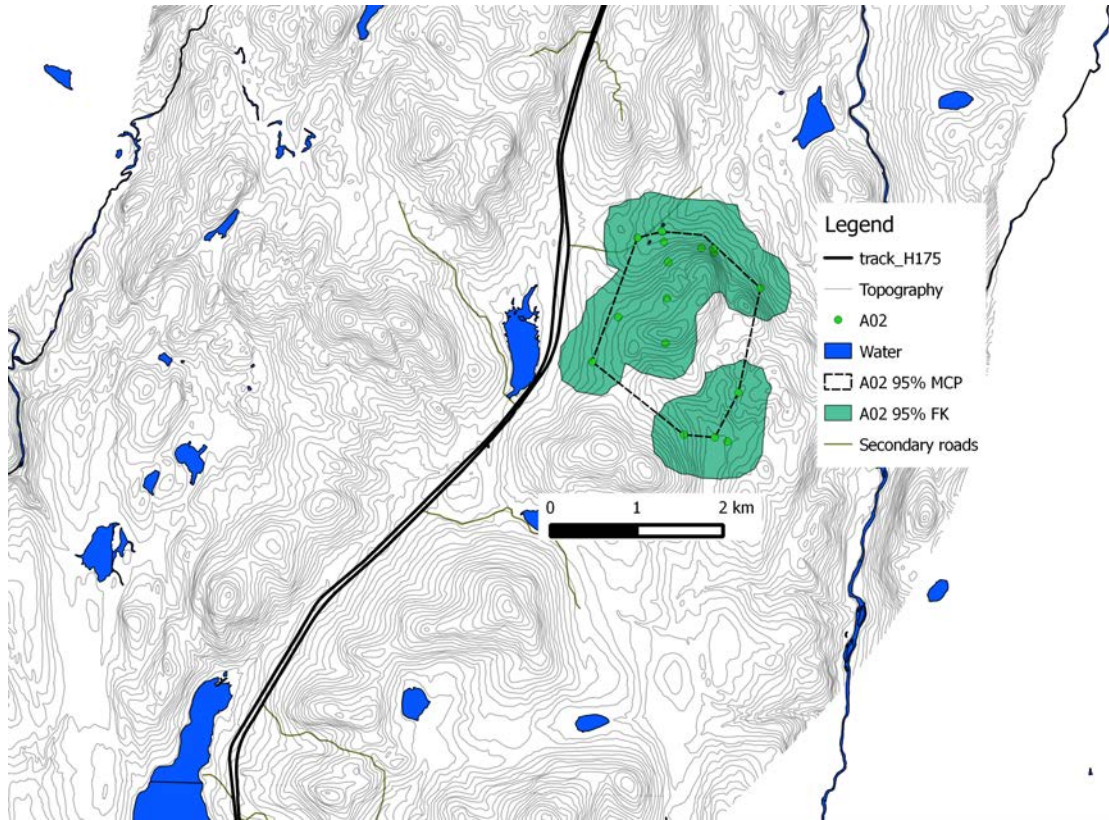


## E.2 Les locations et les domaines vitaux de toutes les martres munies d'un collier de 2013 à 2015



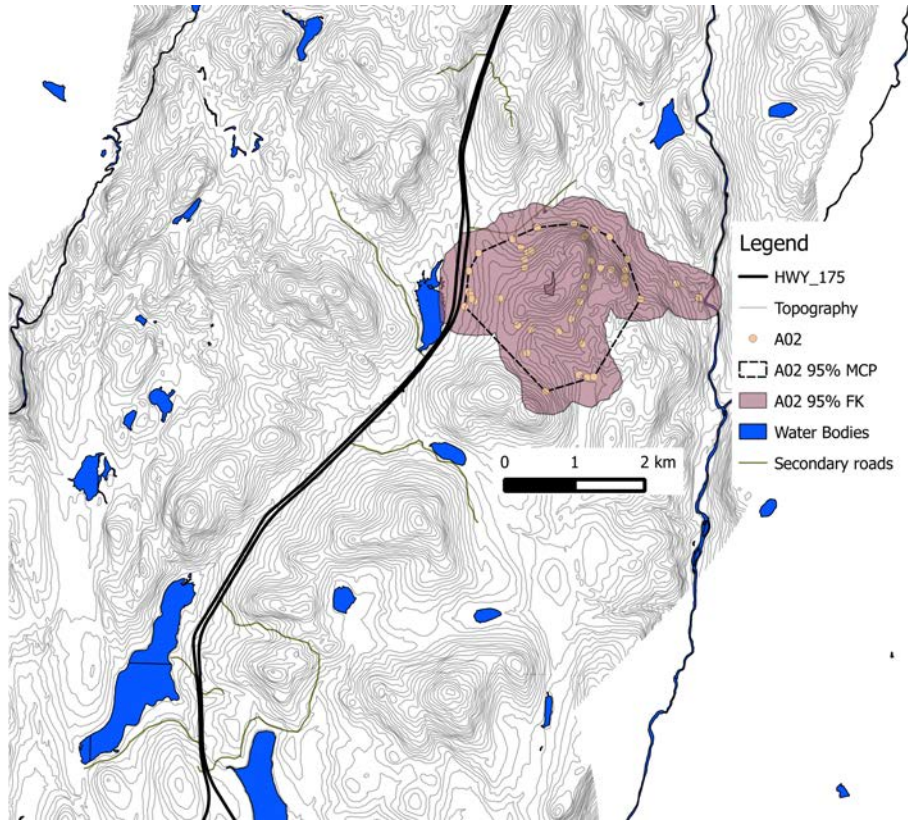
A01 2013

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



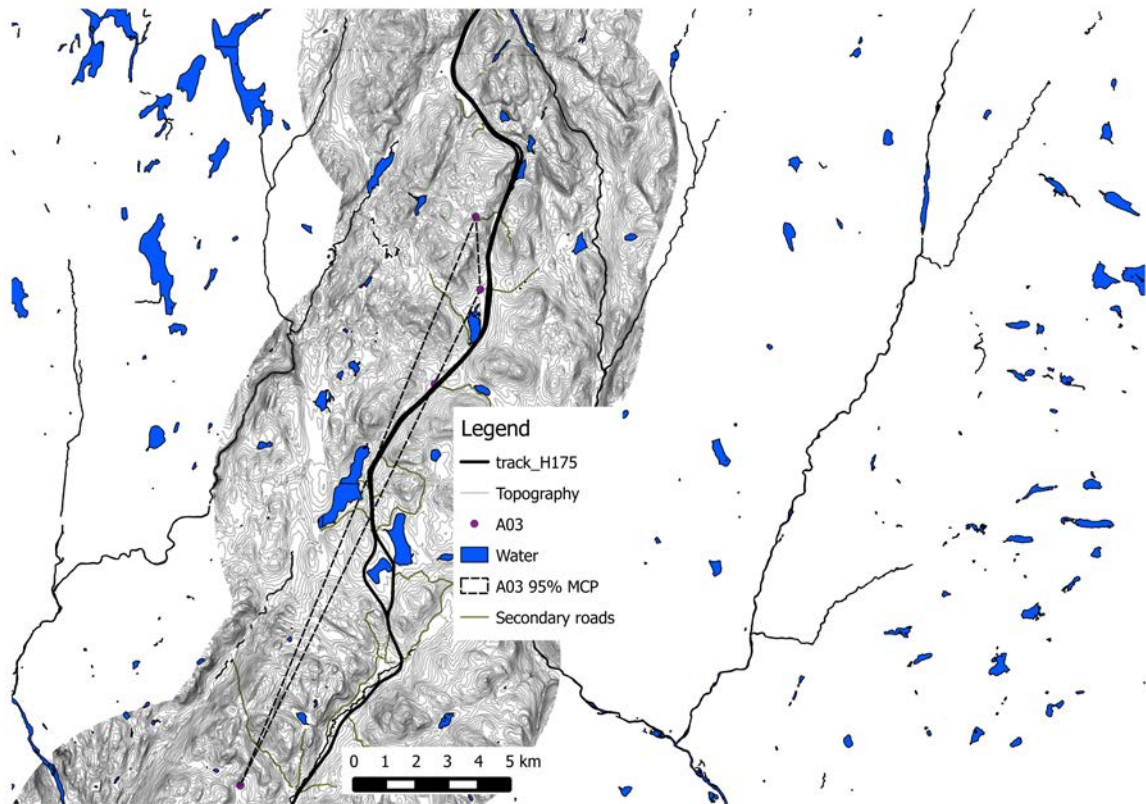
A02 2013

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

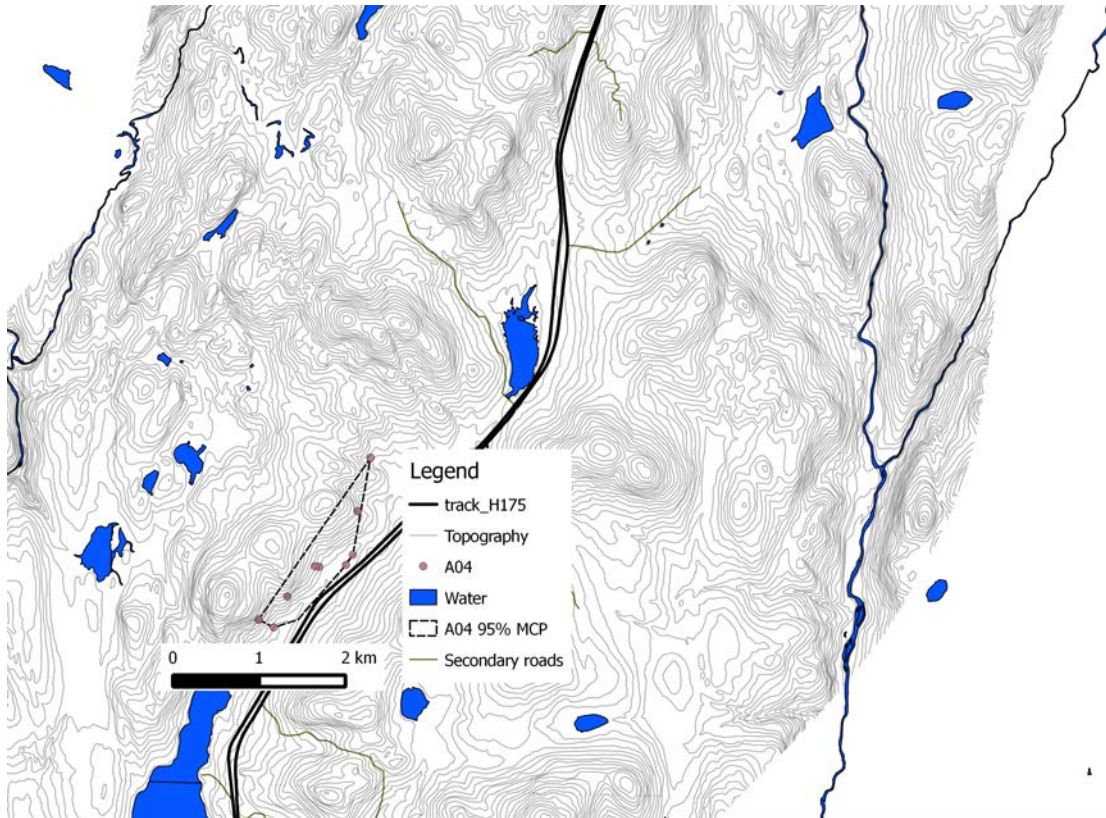


A02 2014

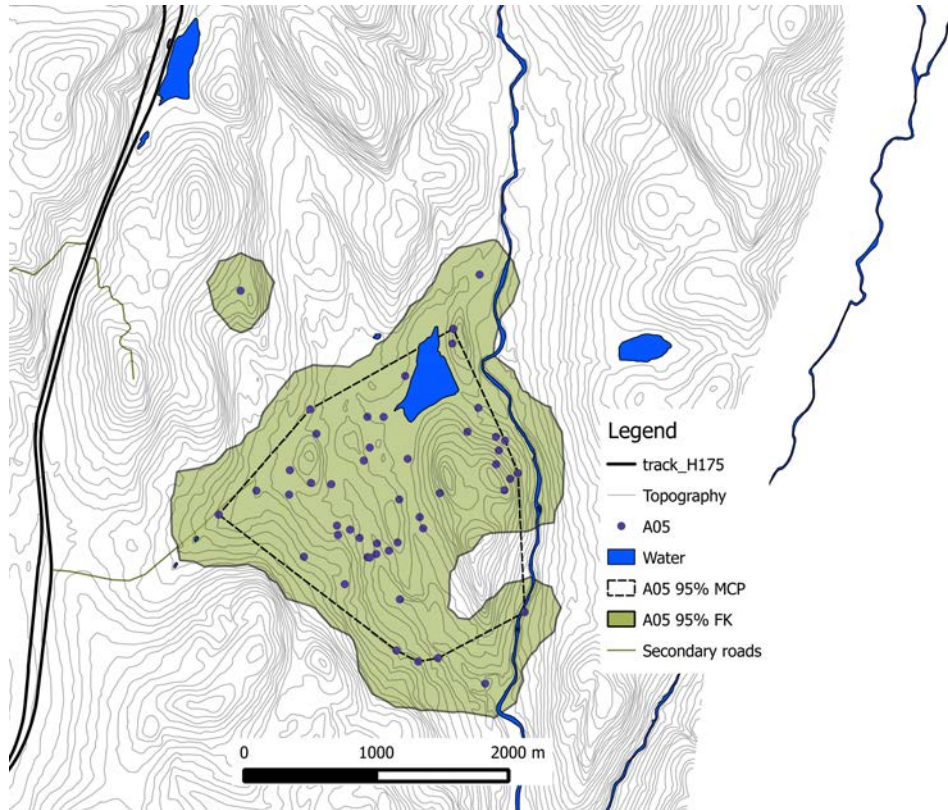
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



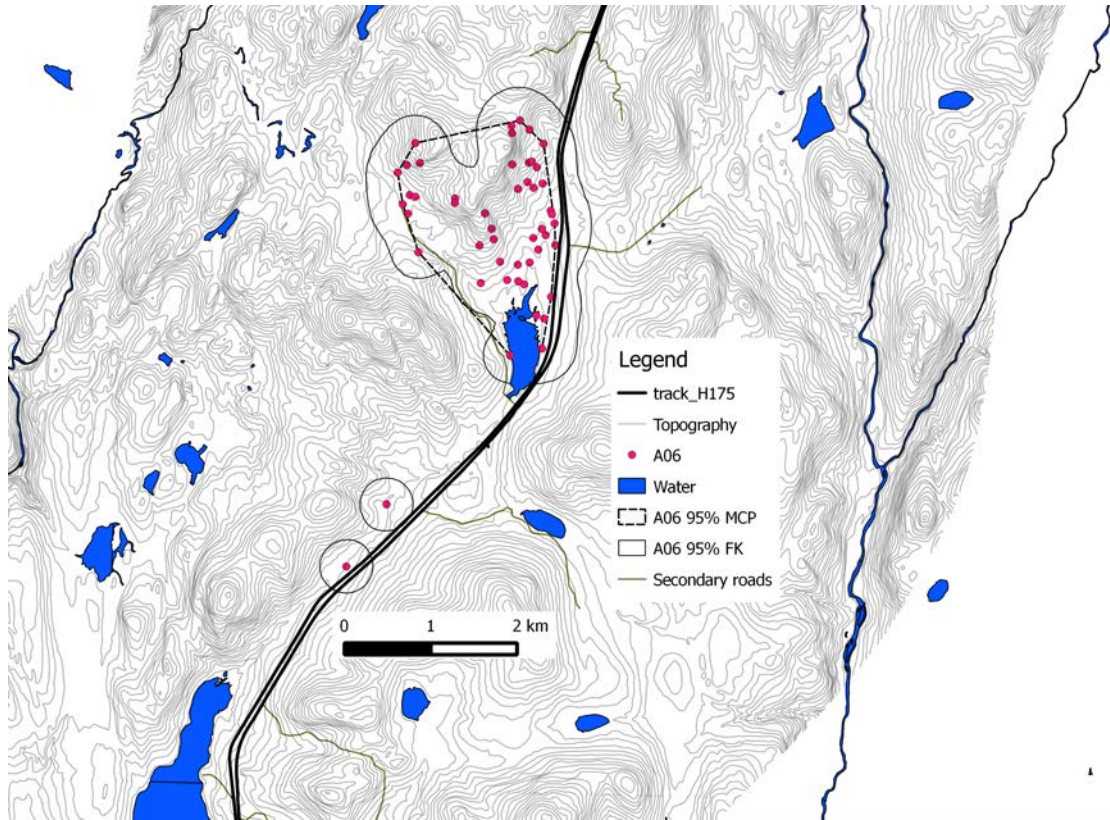
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



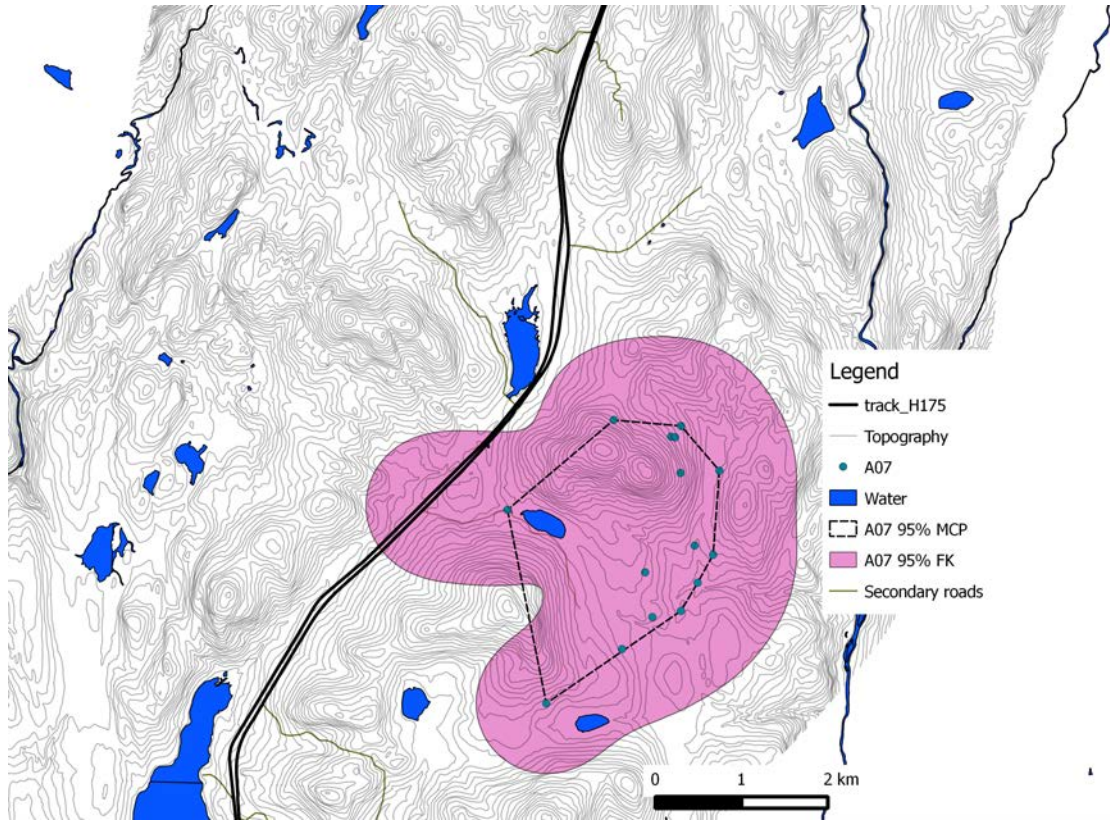
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

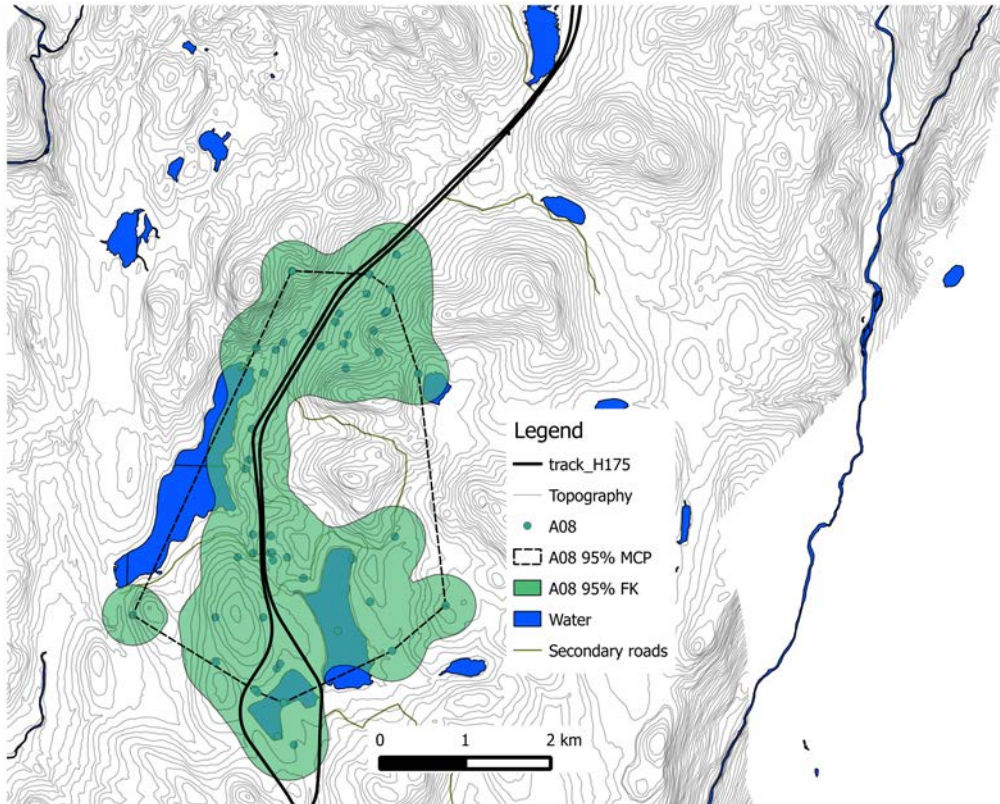


SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

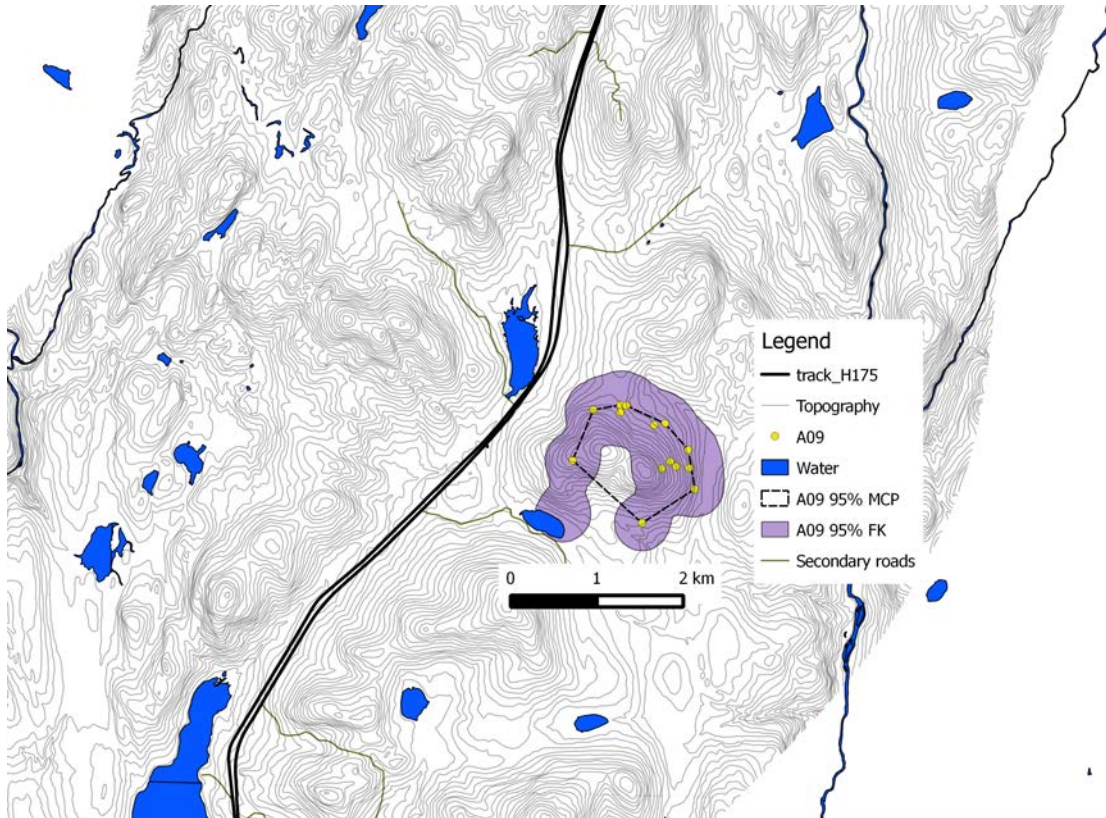




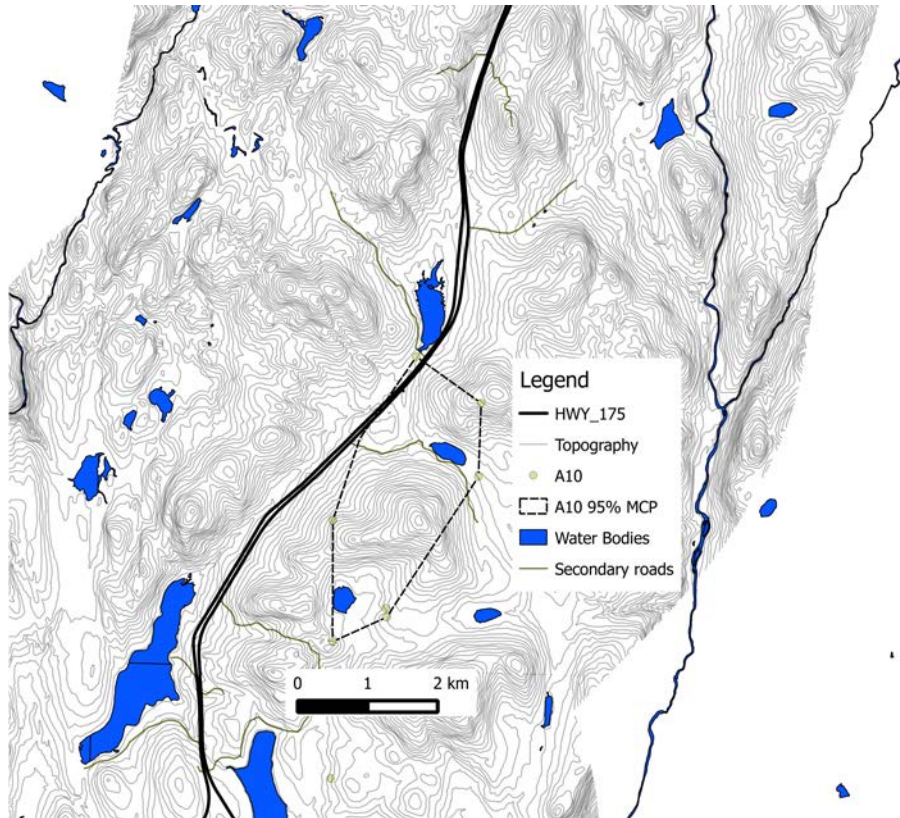
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



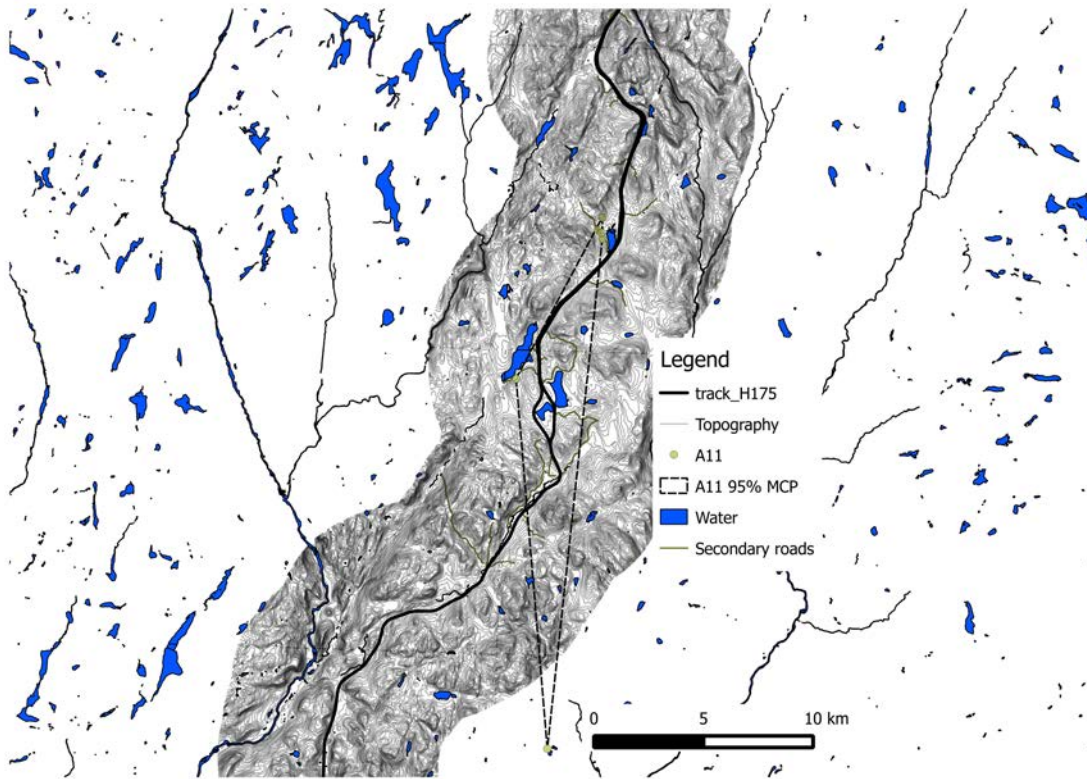
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



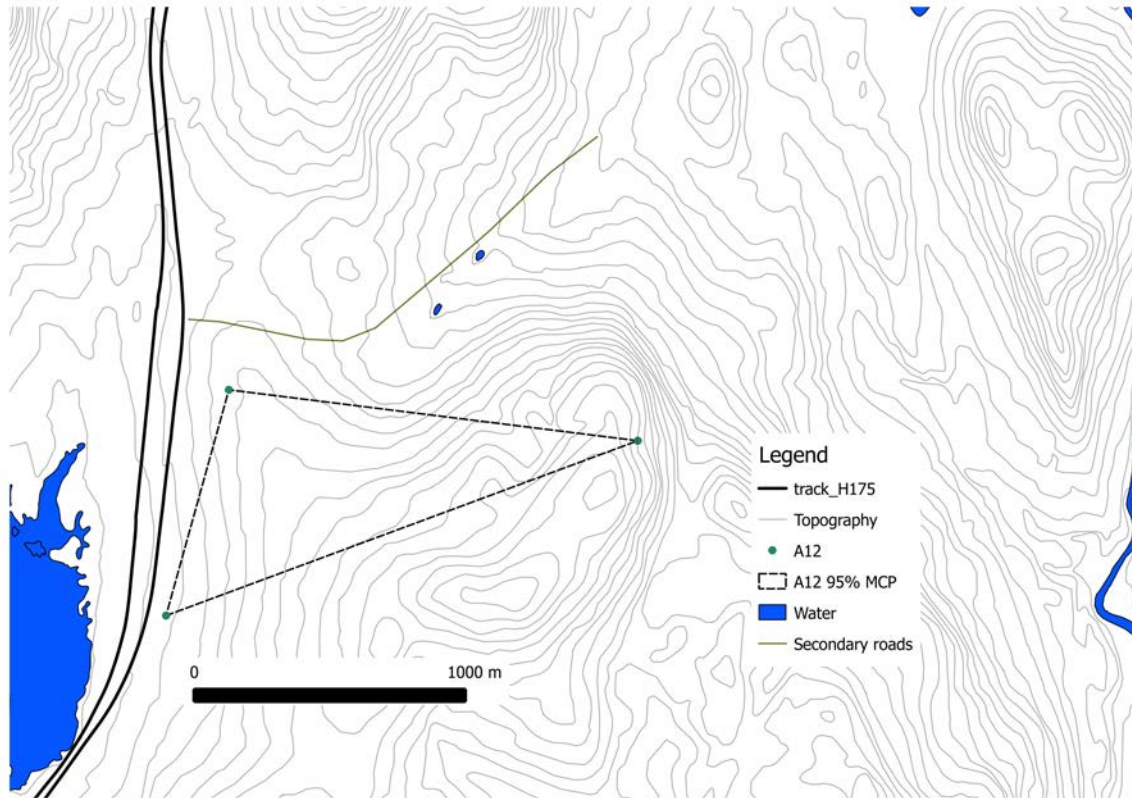
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



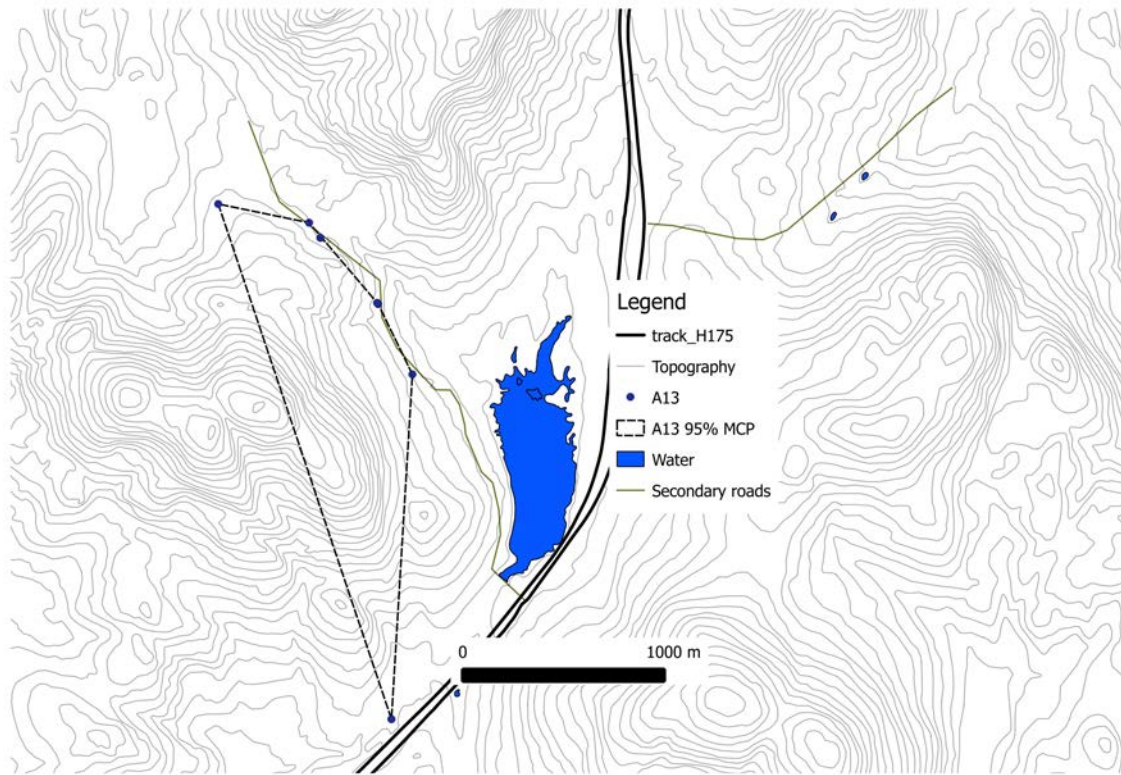
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



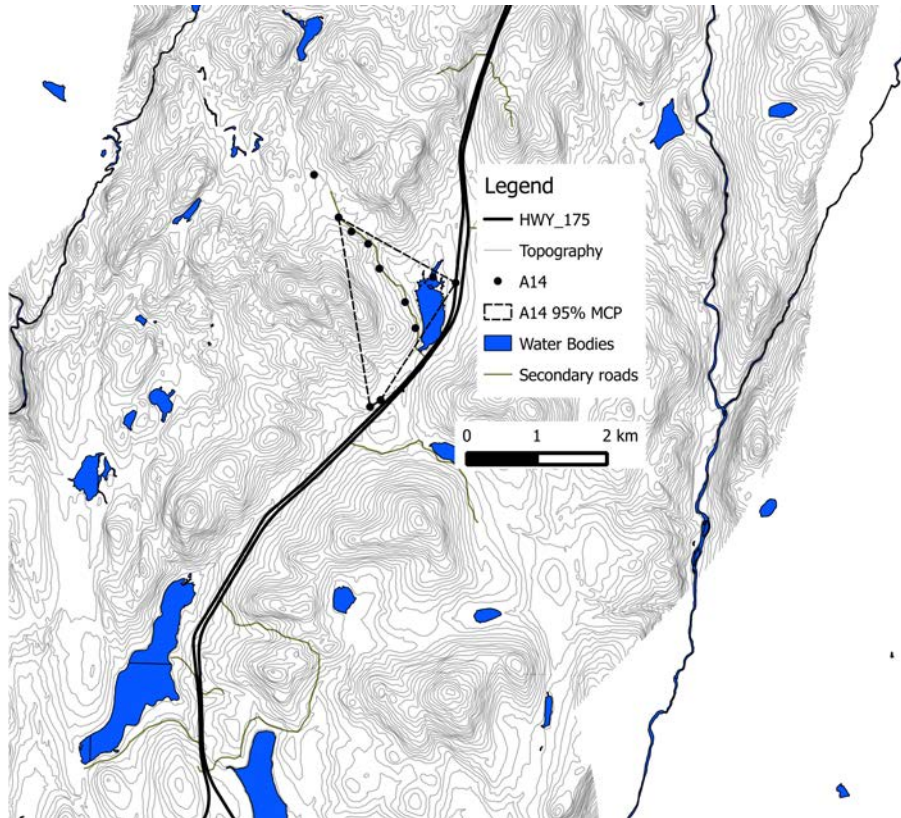
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



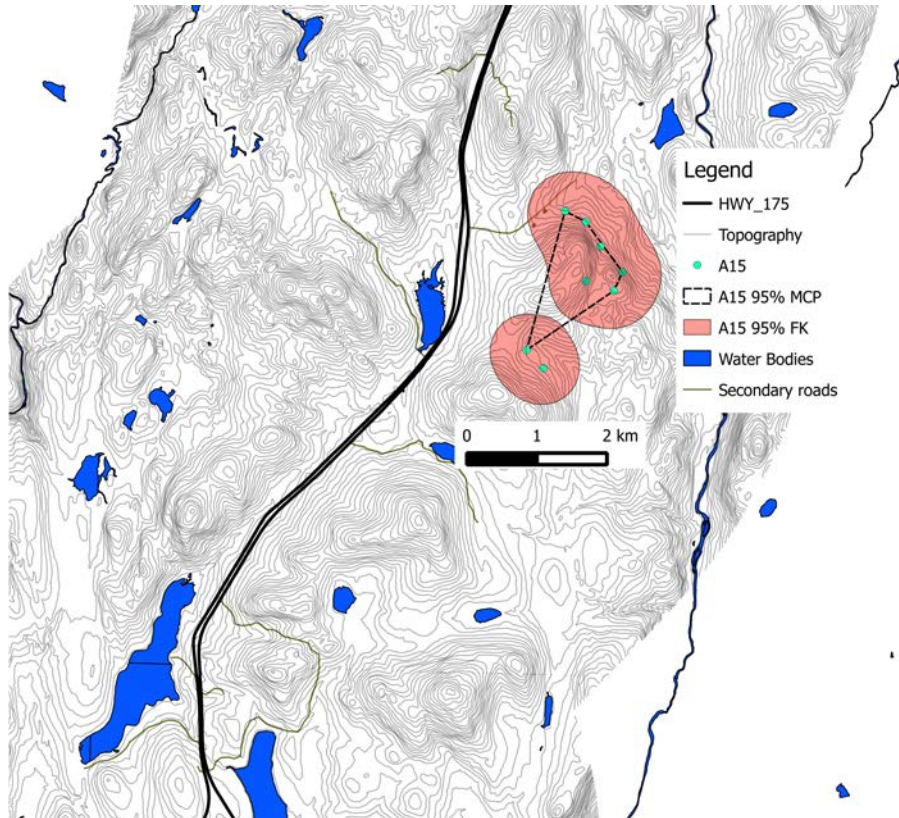
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

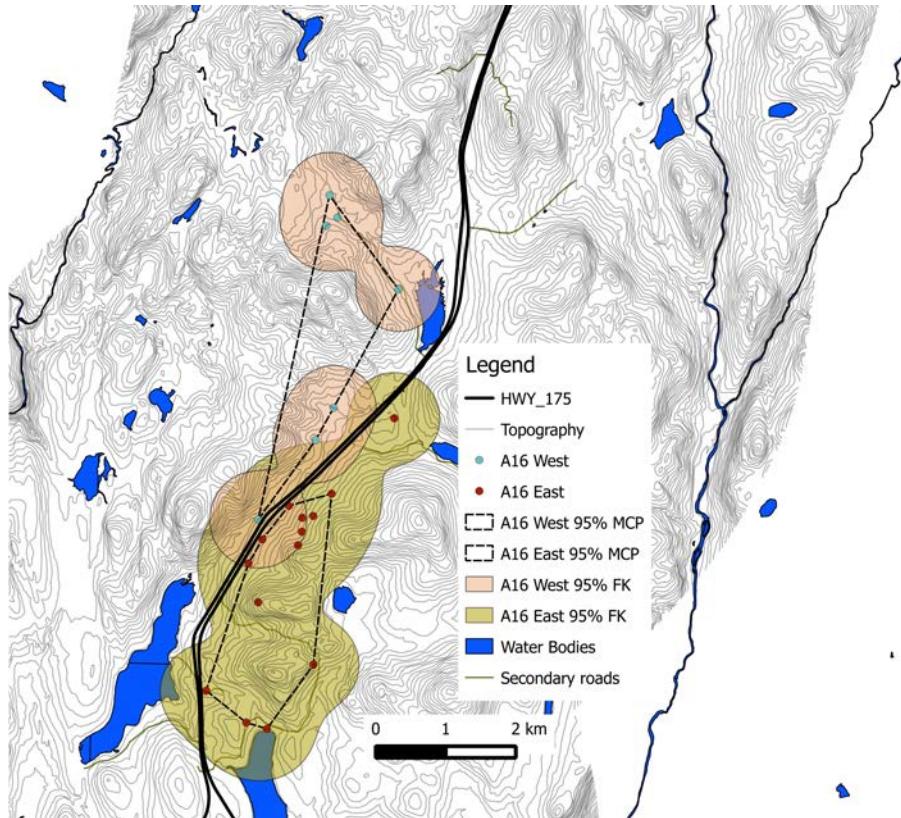


SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFIÈRES

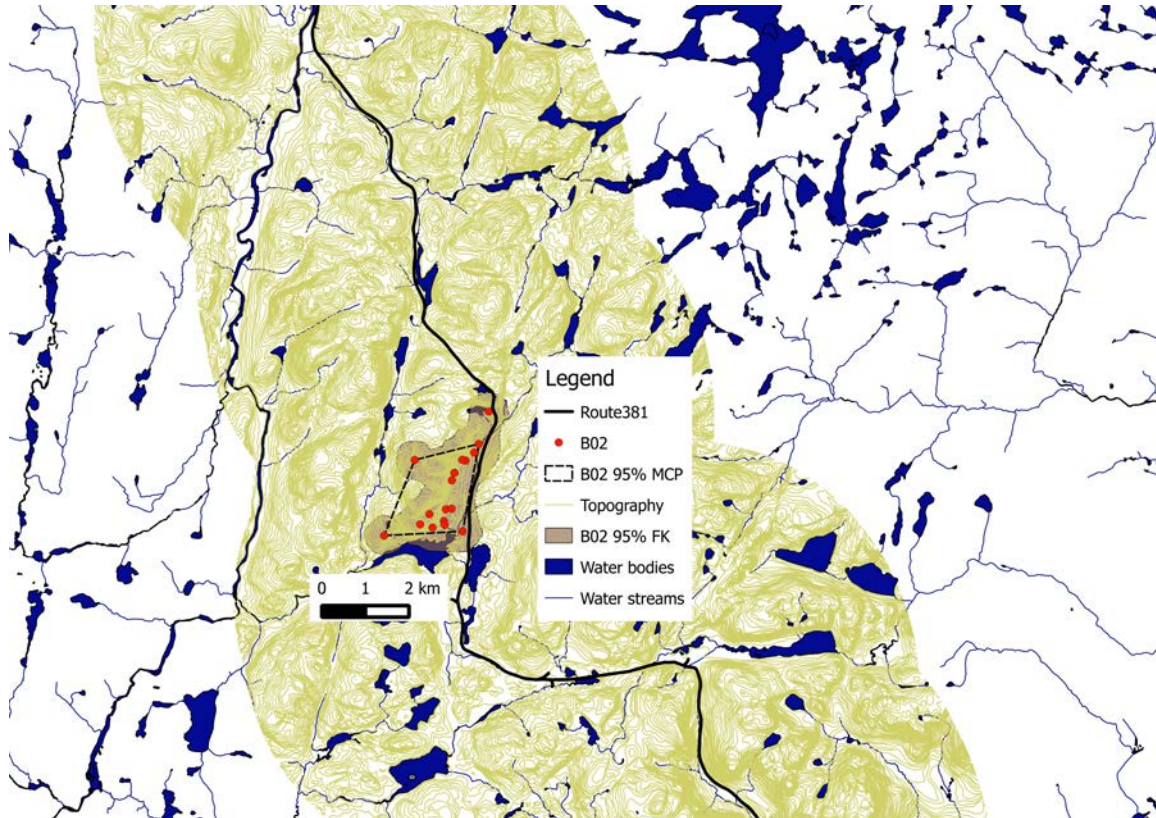




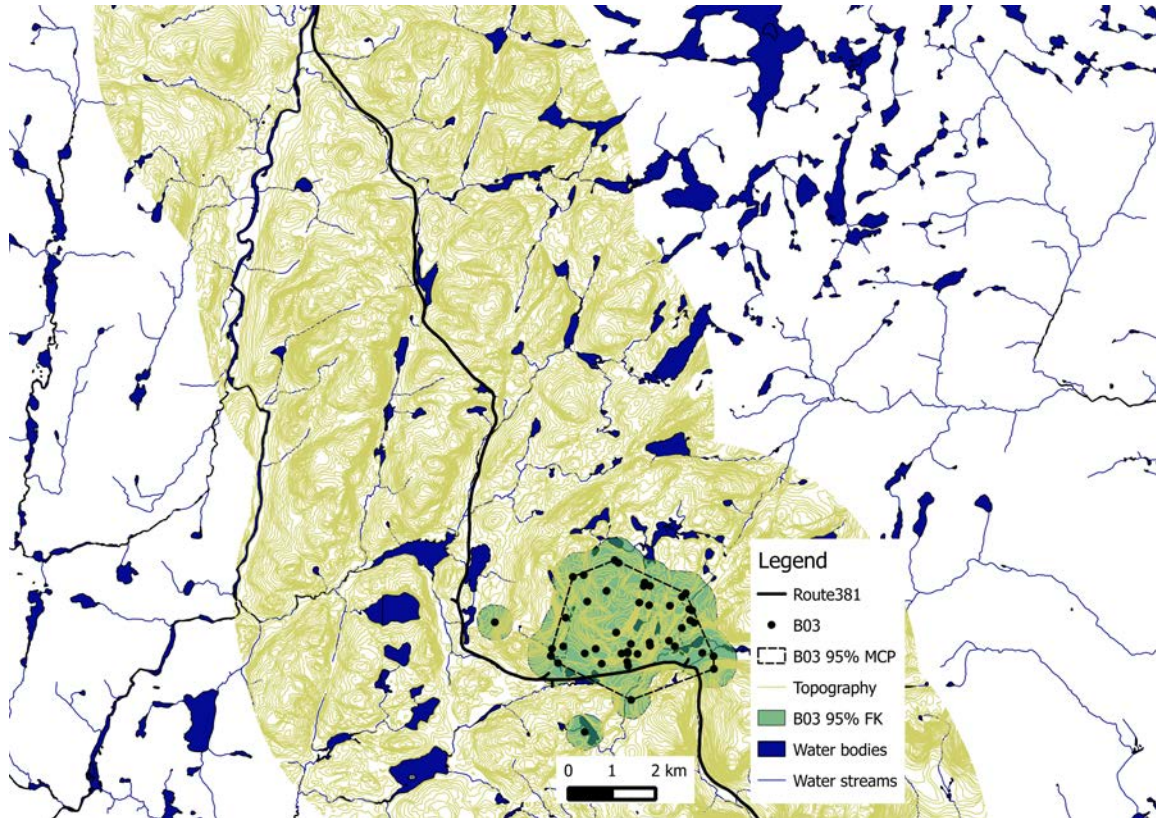
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



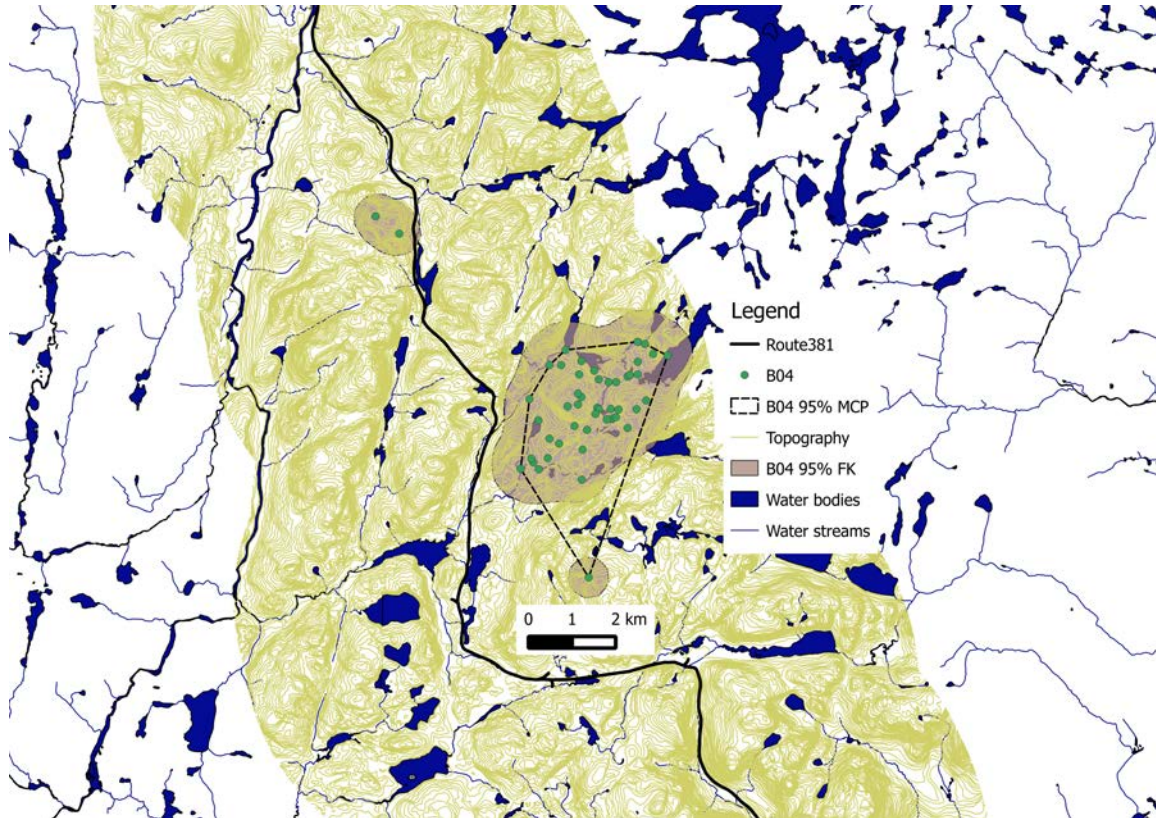
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



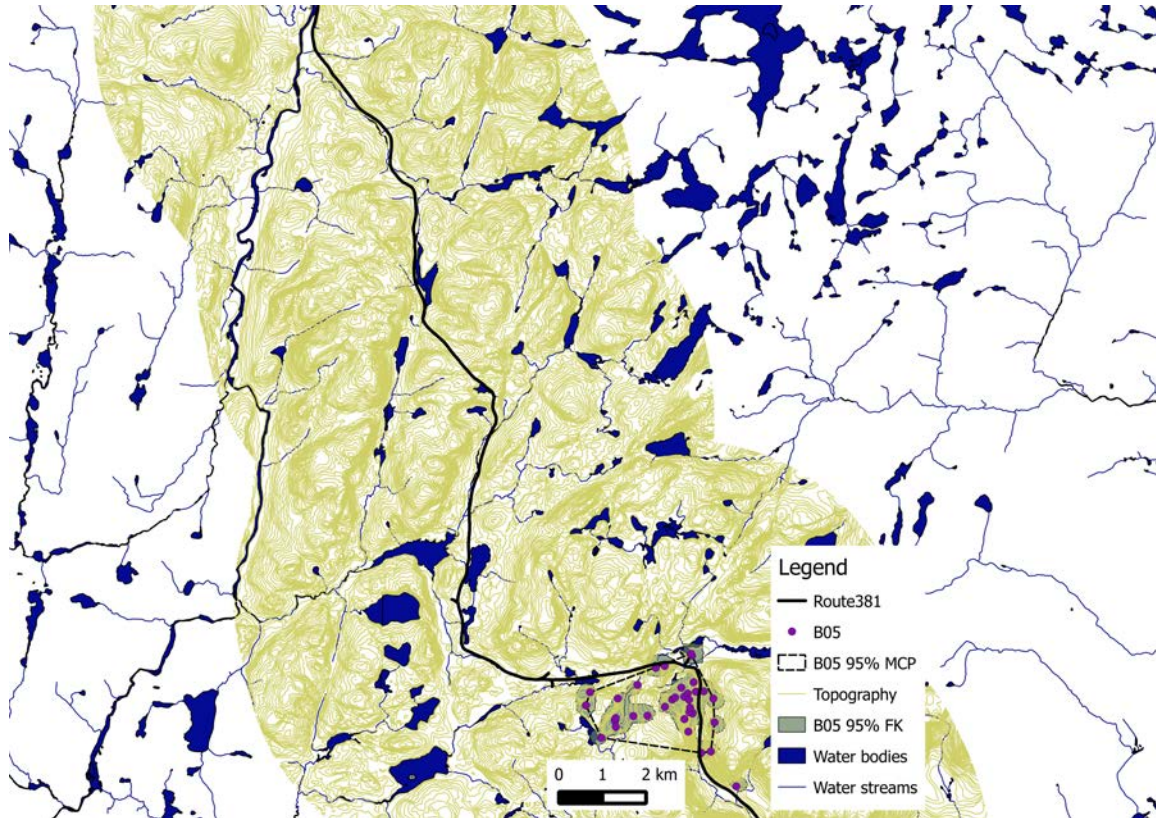
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



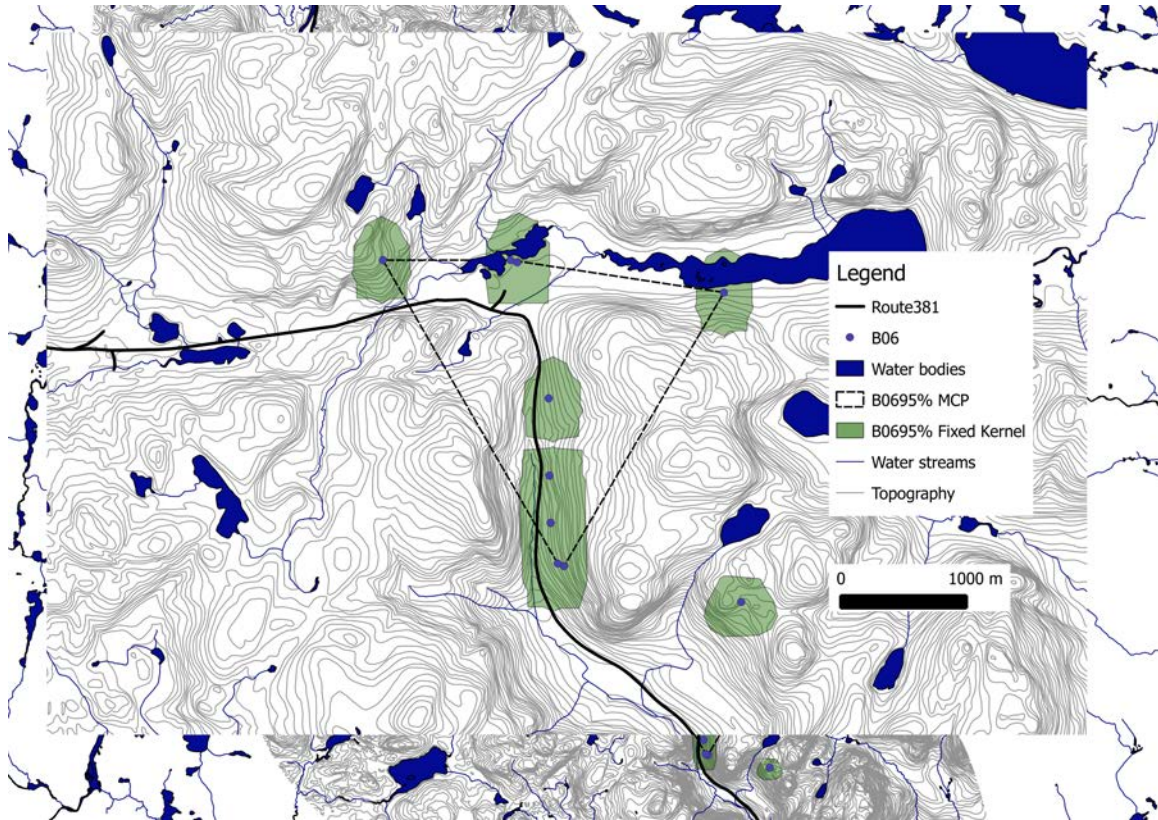
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



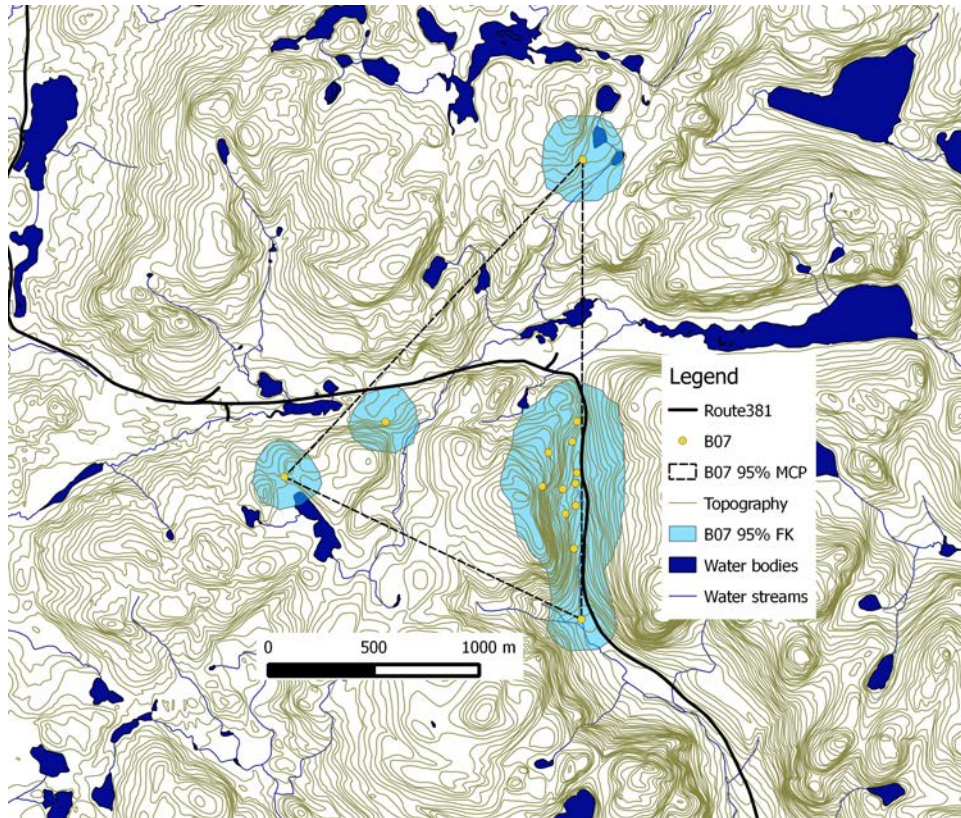
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



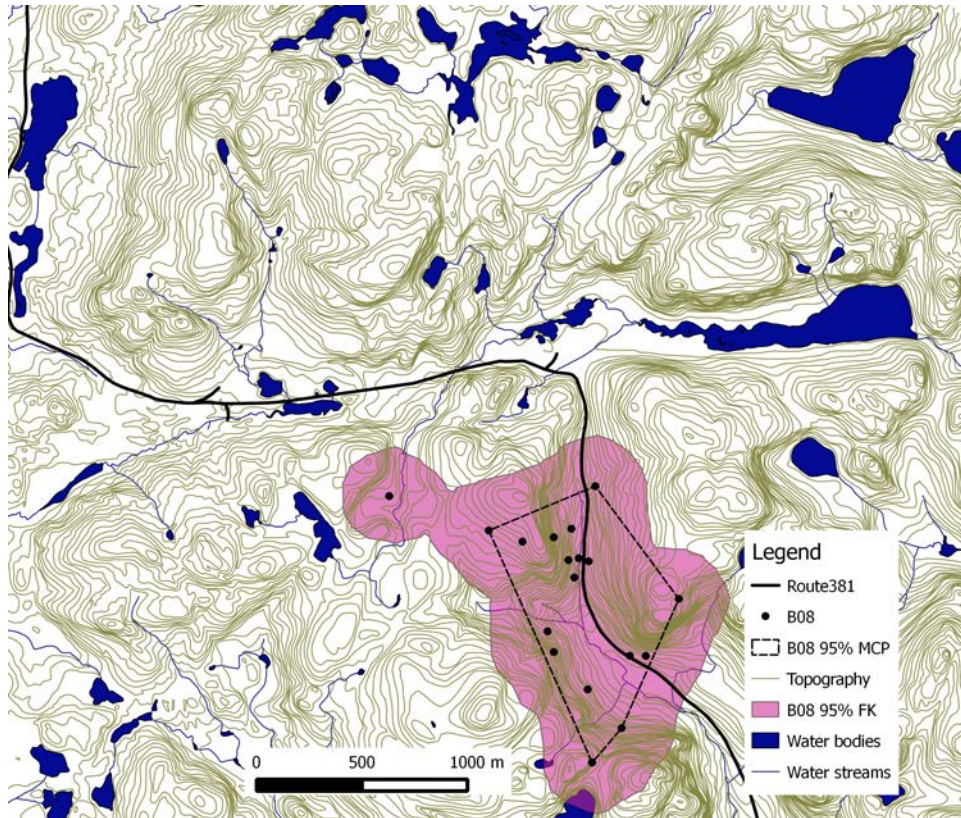
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

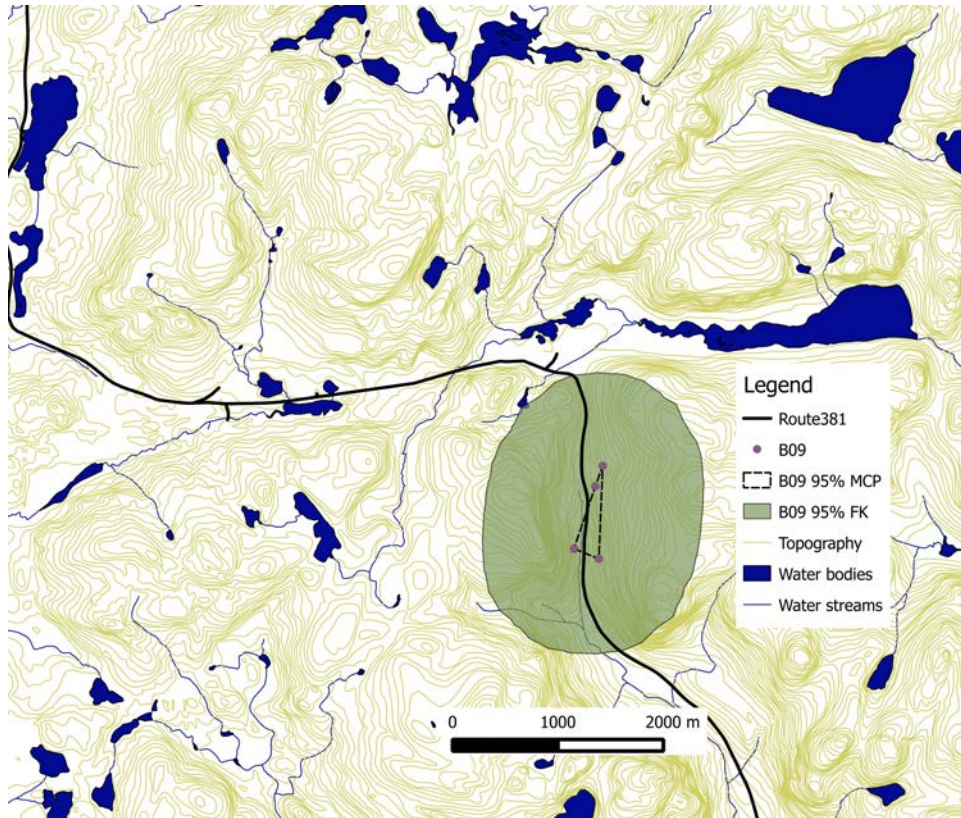


SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

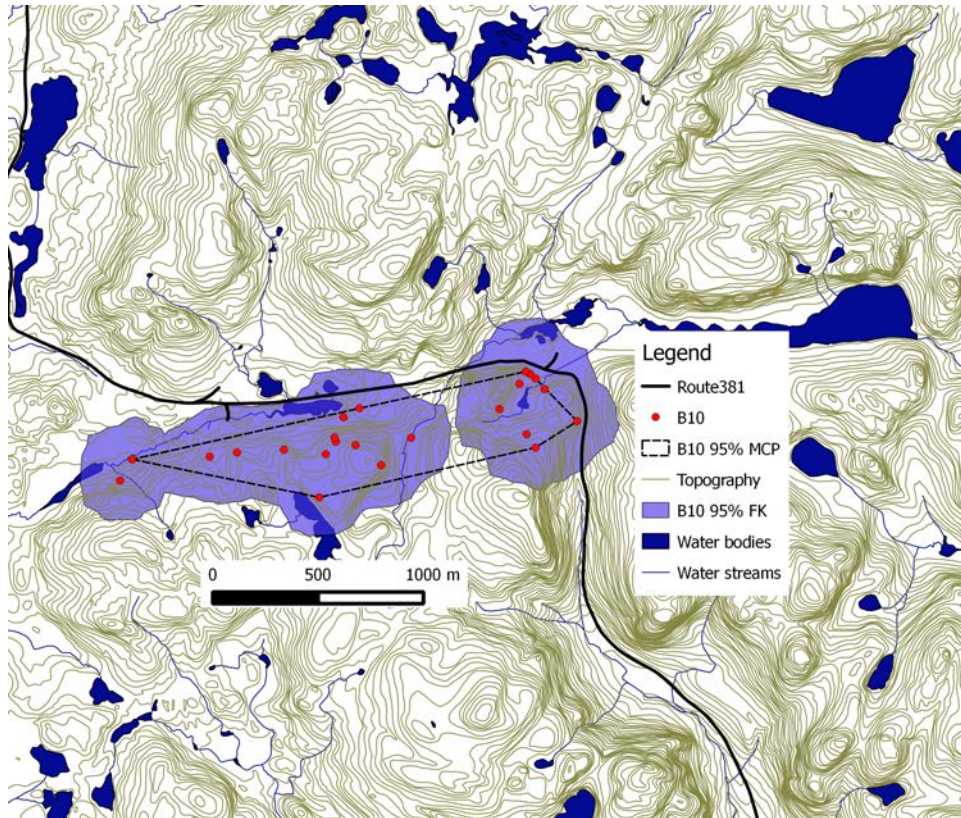




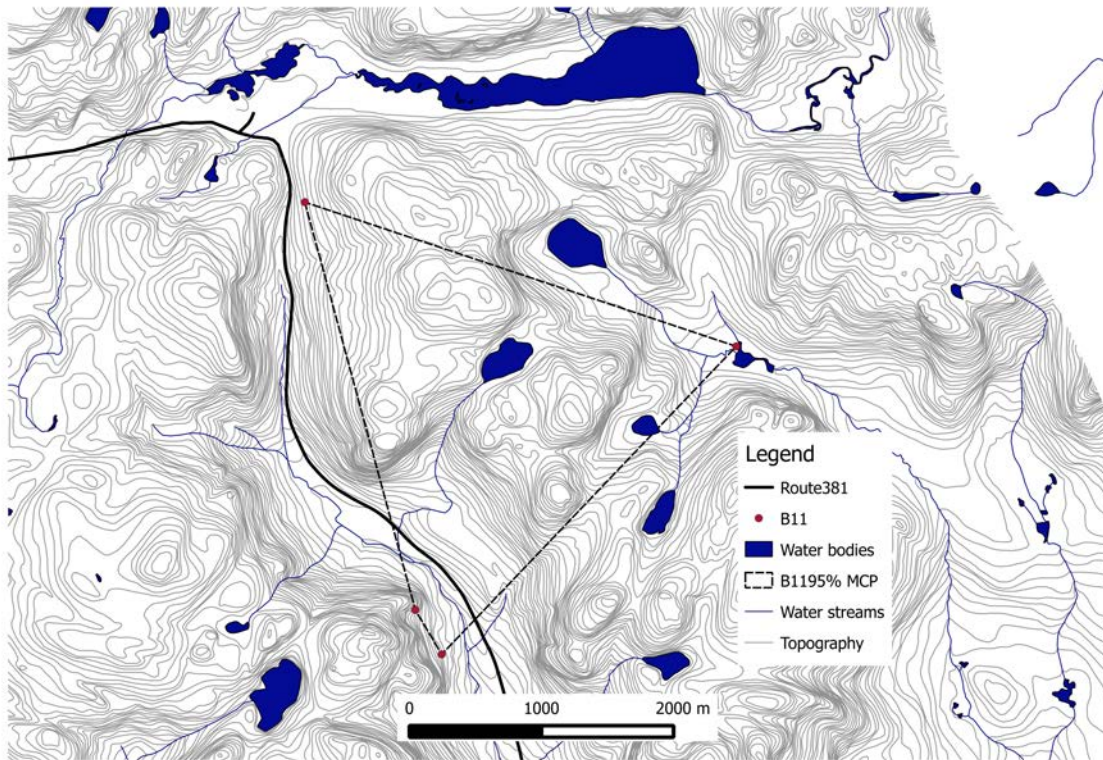
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



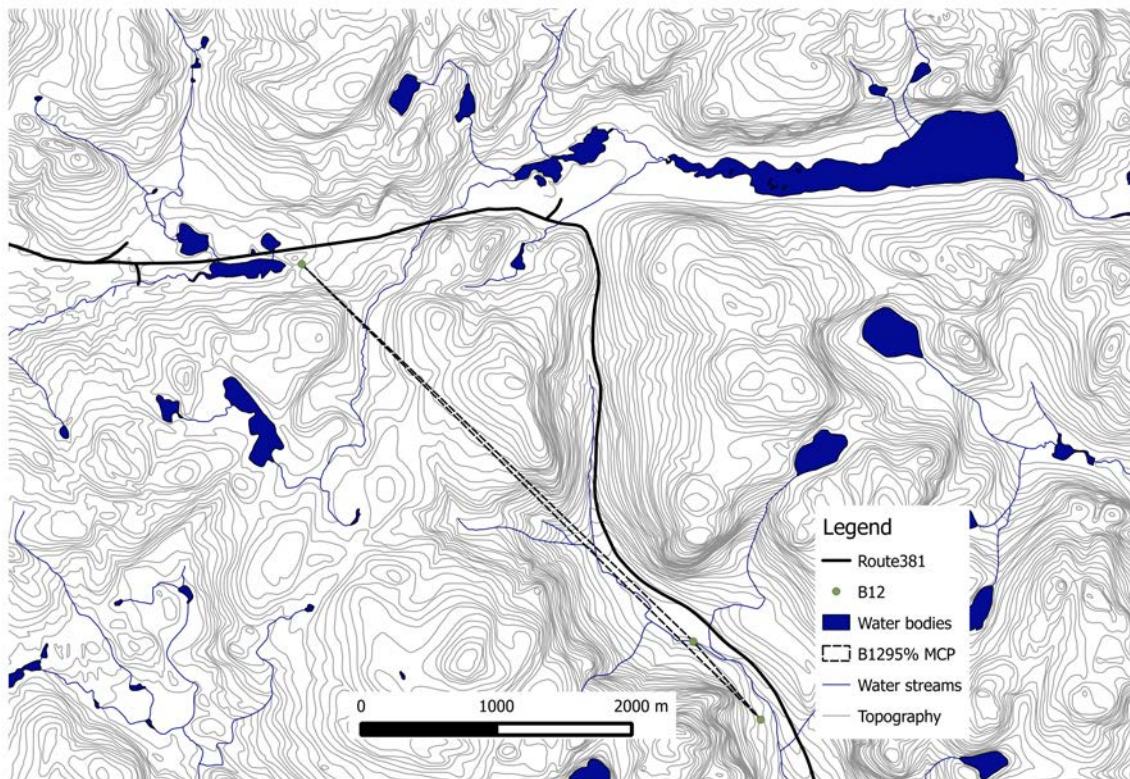
SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**



**E.3 Matrices des distances euclidiennes et de présence de la route  
entre les martres d'Amérique le long des routes 175 et 381**

Matrice de distance euclidienne et matrice de présence de la route pour route 175 et route 381, en considérant la location de la première capture de chaque animal.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau E.2 Matrice des distances euclidiennes entre les martres d'Amérique capturées le long de la route 381**

	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	B09	B10
B01	0	3925.26	1638.29	4713.44	2471.71	3580.65	3227.84	3520.07	3520.07	3227.84
B02	3925.26	0	4894.18	2224.02	5550.78	7062.24	6455.08	6962.08	6962.08	6455.08
B03	1638.29	4894.18	0	4955.87	853.74	2210.03	1672.8	2096.44	2096.44	1672.8
B04	4713.44	2224.02	4955.87	0	5360.72	6965.12	6154.2	6771.34	6771.34	6154.2
B05	2471.71	5550.78	853.74	5360.72	0	1596.8	894.82	1425.78	1425.78	894.82
B06	3580.65	7062.24	2210.03	6965.12	1596.8	0	850.17	202.95	202.95	850.17
B07	3227.84	6455.08	1672.8	6154.2	894.82	850.17	0	639.83	639.83	0
B08	3520.07	6962.08	2096.44	6771.34	1425.78	202.95	639.83	0	0	639.83
B09	3520.07	6962.08	2096.44	6771.34	1425.78	202.95	639.83	0	0	639.83
B10	3227.84	6455.08	1672.8	6154.2	894.82	850.17	0	639.83	639.83	0
B11	3404.91	6665.89	1838.7	6303.02	1007.79	795.79	199.58	605.14	605.14	199.58
B12	1088.27	4711.93	585.66	5035.96	1404.47	2510.03	2128.78	2422.25	2422.25	2128.78
B88	2292.62	5414.78	627.19	5274.43	198	1691.99	1033.67	1552.07	1552.07	1033.67
B89	5103.91	8878.37	4014.57	8907.62	3542.53	1975.59	2817.94	2197.47	2197.47	2817.94
B90	4211.43	7945.7	3092.4	8008.03	2669.1	1142.46	1990.94	1362.93	1362.93	1990.94
B91	1927.87	5848.1	1666.42	6396.08	2019.72	2109.83	2258.04	2185.13	2185.13	2258.04
B92	5157.29	8881.13	3996.83	8863.5	3471.94	1912.07	2730.01	2126.09	2126.09	2730.01
B94	4550.49	7320.8	2890.3	6579.6	2084.2	1855.23	1439.31	1693.64	1693.64	1439.31
B98	3070.45	6131.96	1421.33	5774.72	651.04	1219.38	386.24	1017.75	1017.75	386.24
B99	3141.36	4248.73	2254.18	3303.3	2341.09	3847.24	3005.44	3640	3640	3005.44

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	B11	B12	B88	B89	B90	B91	B92	B94	B98	B99
B01	3404.91	1088.27	2292.62	5103.91	4211.43	1927.87	5157.29	4550.49	3070.45	3141.36
B02	6665.89	4711.93	5414.78	8878.37	7945.7	5848.1	8881.13	7320.8	6131.96	4248.73
B03	1838.7	585.66	627.19	4014.57	3092.4	1666.42	3996.83	2890.3	1421.33	2254.18
B04	6303.02	5035.96	5274.43	8907.62	8008.03	6396.08	8863.5	6579.6	5774.72	3303.3
B05	1007.79	1404.47	198	3542.53	2669.1	2019.72	3471.94	2084.2	651.04	2341.09
B06	795.79	2510.03	1691.99	1975.59	1142.46	2109.83	1912.07	1855.23	1219.38	3847.24
B07	199.58	2128.78	1033.67	2817.94	1990.94	2258.04	2730.01	1439.31	386.24	3005.44
B08	605.14	2422.25	1552.07	2197.47	1362.93	2185.13	2126.09	1693.64	1017.75	3640
B09	605.14	2422.25	1552.07	2197.47	1362.93	2185.13	2126.09	1693.64	1017.75	3640
B10	199.58	2128.78	1033.67	2817.94	1990.94	2258.04	2730.01	1439.31	386.24	3005.44
B11	0	2313.23	1243.91	2758.18	1933.86	2405.49	2598.4	1281.96	583.8	3113.94
B12	2313.23	0	1176.55	4155.71	3247.45	1395.72	4168.07	3411.55	1937.45	2697.46
B88	1243.91	1176.55	0	3632.41	2715.49	1901.81	3601.97	2240.46	811.76	2296.15
B89	2758.18	4155.71	3632.41	0	932.21	3222.7	194.2	3319.26	3229.13	5827.09
B90	1933.86	3247.45	2715.49	932.21	0	2770.88	954.73	2776.36	584.29	4958.75
B91	2405.49	1395.72	1901.81	3222.7	2770.88	0	3285.75	3712.46	2362.26	3973.7
B92	2598.4	4168.07	3601.97	194.2	954.73	3285.75	0	3191.42	3165.98	5688.67
B94	1281.96	3411.55	2240.46	3319.26	2776.36	3712.46	3191.42	0	1491.88	3266.05
B98	583.8	1937.45	811.76	3229.13	584.29	2362.26	3165.98	1491.88	0	2599.27
B99	3113.94	2697.46	2296.15	5827.09	4958.75	3973.7	5688.67	3266.05	2599.27	0

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau E.3 Matrice de la présence de la route 381 entre les martres d'Amérique capturées le long de la route 381**  
(0 = même côté de la route, 1 = les martres sont sur les côtés opposés de la route)

	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	B09	B10	B11	B12	B88	B89	B90	B91	B92	B94	B98	B99
B01	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B02	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
B03	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B04	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B05	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
B06	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B07	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
B08	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B09	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B10	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
B11	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B12	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
B88	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
B89	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
B90	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B91	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
B92	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B94	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
B98	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
B99	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau E.4 Matrice des distances euclidiennes entre les martres d'Amérique capturées le long de la route 175**

	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12
A01	0	4206.48	227.8	1237.24	4644.16	2415.32	202.94	1206.95	1599.78	199.92	2477.11	2609.11
A02	4206.48	0	4190.18	5385.33	433.55	1817.88	4016.48	5385.36	3402.04	4008.27	2289.92	1587.89
A03	227.8	4190.18	0	1197.93	4615.38	2364.53	281.48	1195.23	1749.32	264.78	2366.32	2597.31
A04	1237.24	5385.33	1197.93	0	5814	3559.53	1435.41	213.9	2743.06	1417.1	3446.41	3806.48
A05	4644.16	433.55	4615.38	5814	0	2256.58	4427.08	5824.9	3778.74	4419.19	2689.28	2027.83
A06	2415.32	1817.88	2364.53	3559.53	2256.58	0	2196.35	3580.97	1935.38	2182.86	954.45	259.9
A07	202.94	4016.48	281.48	1435.41	4427.08	2196.35	0	1408.65	1463	18.55	2286.7	2402
A08	1206.95	5385.36	1195.23	213.9	5824.9	3580.97	1408.65	0	2654.87	1399.99	3516.77	3809.27
A09	1599.78	3402.04	1749.32	2743.06	3778.74	1935.38	1463	2654.87	0	1501.68	2620.58	2021.69
A10	199.92	4008.27	264.78	1417.1	4419.19	2182.86	18.55	1399.99	1501.68	0	2298.89	2407.29
A11	2477.11	2289.92	2366.32	3446.41	2689.28	954.45	2286.7	3516.77	2620.58	2298.89	0	1141.69
A12	2609.11	1587.89	2597.31	3806.48	2027.83	259.9	2402	3809.27	2021.69	2407.29	1141.69	0
A13	3205.32	2625.61	3007.93	3975.78	2959.19	1805.88	3035.57	4082.85	3520.09	3026.2	910.16	1941.91
A14	807.59	3407.2	784.51	1992.46	3814.94	1572.39	626.34	1991.28	1368.65	633.74	1709.22	1815.16
A15	4445.89	1134.3	4504.17	5711.57	1102.73	2345.5	4257.67	5686	3272.63	4273.49	3076.31	2093.62
A16	2404.95	2200.8	2302.23	3398.08	2617.39	767.45	2204.74	3473.09	2432.68	2201.26	204.3	940.65
A83	3192.44	2624.48	3038.08	3977.64	2945.5	1809.93	3000.62	4082.89	3524.61	3012.61	911.91	1923.09
A84	214	3990.41	276.92	1397.37	4463.52	2206.05	20	1374.22	1515.19	0	2301.3	2425.96
A85	3192.44	2624.48	3038.08	3977.64	2945.5	1809.93	3000.62	4082.89	3524.61	3012.61	911.91	1923.09
A87	2051.08	2231.67	1996.32	3190.19	2655.92	451.52	1866.75	3190.96	1931.81	1872.14	715.37	717.38
A88	1201.36	5388.03	1195.15	178.31	5808.26	3538.69	1384.6	0	2643.77	1409.57	3507.57	3817.28
A90	3665.66	7862.72	3685.35	2529.29	8265.2	6043.08	3849.56	2458.86	4846	3866.41	5977.61	6303.62
A91	2355.71	2203.57	2310.88	3405.51	2608.62	789.19	2225.5	3481.64	2472.77	2202.23	152.67	992.09
A92	1844.05	5995.54	1826.43	657.57	6389	4169.67	2010.29	605.15	3177.6	2035.85	4117.47	4432.55
A93	174	3981.69	203.5	1391.9	4423.54	2150.5	161.37	1431.45	1648.83	152.67	2196.48	2412.58
A95	3988.13	8157.49	4006.45	2853.94	8565.59	6329.22	4167.76	2794.93	5092.6	4183.15	6308.32	6570.94
A97	2946.2	2434.16	2831.29	3820.45	2794.68	1479.29	2797.34	3908.8	3213.8	2736.08	576	1607
A98	4153.73	8287.71	4147.09	3032.67	8715.88	6490.52	4321.46	2989.02	5207.66	4328.17	6502.39	6735.05
A99	4445.89	1134.3	4504.17	5711.57	1102.73	2345.5	4257.67	5686	3272.63	4273.49	3076.31	2093.62



**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	A13	A14	A15	A16	A83	A84	A85	A87	A88	A90	A91	A92
A01	3205.32	807.59	4445.89	2404.95	3192.44	214	3192.44	2051.08	1201.36	3665.66	2355.71	1844.05
A02	2625.61	3407.2	1134.3	2200.8	2624.48	3990.41	2624.48	2231.67	5388.03	7862.72	2203.57	5995.54
A03	3007.93	784.51	4504.17	2302.23	3038.08	276.92	3038.08	1996.32	1195.15	3685.35	2310.88	1826.43
A04	3975.78	1992.46	5711.57	3398.08	3977.64	1397.37	3977.64	3190.19	178.31	2529.29	3405.51	657.57
A05	2959.19	3814.94	1102.73	2617.39	2945.5	4463.52	2945.5	2655.92	5808.26	8265.2	2608.62	6389
A06	1805.88	1572.39	2345.5	767.45	1809.93	2206.05	1809.93	451.52	3538.69	6043.08	789.19	4169.67
A07	3035.57	626.34	4257.67	2204.74	3000.62	20	3000.62	1866.75	1384.6	3849.56	2225.5	2010.29
A08	4082.85	1991.28	5686	3473.09	4082.89	1374.22	4082.89	3190.96	0	2458.86	3481.64	605.15
A09	3520.09	1368.65	3272.63	2432.68	3524.61	1515.19	3524.61	1931.81	2643.77	4846	2472.77	3177.6
A10	3026.2	633.74	4273.49	2201.26	3012.61	0	3012.61	1872.14	1409.57	3866.41	2202.23	2035.85
A11	910.16	1709.22	3076.31	204.3	911.91	2301.3	911.91	715.37	3507.57	5977.61	152.67	4117.47
A12	1941.91	1815.16	2093.62	940.65	1923.09	2425.96	1923.09	717.38	3817.28	6303.62	992.09	4432.55
A13	0	2500.67	3613.49	1107.04	0	3019.15	0	1643.42	4076.26	6934.89	1053.15	4608.38
A14	2500.67	0	3737.23	1601.1	2492.51	607	2492.51	1255.78	1973.63	4467	1635.25	2603.32
A15	3613.49	3737.23	0	2941.33	3608.1	4285	3608.1	2765.17	5688.19	8052.75	2963.67	6272.22
A16	1107.04	1601.1	2941.33	0	1108	2205.2	1108	559.53	3454.56	5925.76	0	4068.46
A83	0	2492.51	3608.1	1108	0	3019.15	0	1643.42	4076.26	6934.89	1053.15	4608.38
A84	3019.15	607	4285	2205.2	3019.15	0	3019.15	1872.14	1409.57	3866.41	2202.23	2035.85
A85	0	2492.51	3608.1	1108	0	3019.15	0	1643.42	4076.26	6934.89	1053.15	4608.38
A87	1643.42	1255.78	2765.17	559.53	1643.42	1872.14	1643.42	0	3206.07	5685.86	559.53	3824.74
A88	4076.26	1973.63	5688.19	3454.56	4076.26	1409.57	4076.26	3206.07	0	2480.31	3481.64	605.15
A90	6934.89	4467	8052.75	5925.76	6934.89	3866.41	6934.89	5685.86	2480.31	0	5938.29	1873.1
A91	1053.15	1635.25	2963.67	0	1053.15	2202.23	1053.15	559.53	3481.64	5938.29	0	4073.2
A92	4608.38	2603.32	6272.22	4068.46	4608.38	2035.85	4608.38	3824.74	605.15	1873.1	4073.2	0
A93	2878.73	593.71	4304.83	2097.57	2878.73	152.67	2878.73	1791.72	1431.45	3866.41	2097.57	2034.88
A95	6795.33	4754.21	8337.47	6251.37	6795.33	4183.15	6795.33	5986.13	2794.93	360	6251.37	2231.53
A97	305.34	2241.44	3355.99	761.83	305.34	2736.08	305.34	1310.94	3908.8	6311.15	761.83	4480.46
A98	6972.24	4953.6	8449.32	6421.39	6972.24	4328.17	6972.24	6185.95	2989.02	563.75	6421.39	2376.83
A99	3613.49	3737.23	0	2941.33	3608.1	4285	3608.1	2765.17	5688.19	8052.75	2963.67	6272.22

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	A93	A95	A97	A98	A99
A01	174	3988.13	2946.2	4153.73	4445.89
A02	3981.69	8157.49	2434.16	8287.71	1134.3
A03	203.5	4006.45	2831.29	4147.09	4504.17
A04	1391.9	2853.94	3820.45	3032.67	5711.57
A05	4423.54	8565.59	2794.68	8715.88	1102.73
A06	2150.5	6329.22	1479.29	6490.52	2345.5
A07	161.37	4167.76	2797.34	4321.46	4257.67
A08	1431.45	2794.93	3908.8	2989.02	5686
A09	1648.83	5092.6	3213.8	5207.66	3272.63
A10	152.67	4183.15	2736.08	4328.17	4273.49
A11	2196.48	6308.32	576	6502.39	3076.31
A12	2412.58	6570.94	1607	6735.05	2093.62
A13	2878.73	6795.33	305.34	6972.24	3613.49
A14	593.71	4754.21	2241.44	4953.6	3737.23
A15	4304.83	8337.47	3355.99	8449.32	0
A16	2097.57	6251.37	761.83	6421.39	2941.33
A83	2878.73	6795.33	305.34	6972.24	3608.1
A84	152.67	4183.15	2736.08	4328.17	4285
A85	2878.73	6795.33	305.34	6972.24	3608.1
A87	1791.72	5986.13	1310.94	6185.85	2765.17
A88	1431.45	2794.93	3908.8	2989.02	5688.19
A90	3866.41	360	6311.15	563.75	8052.75
A91	2097.57	6251.37	761.83	6421.39	2963.67
A92	2034.88	2231.53	4480.46	2376.83	6272.22
A93	0	4211.25	2670.62	4363.59	4304.83
A95	4211.25	0	6672.77	155.93	8337.47
A97	2670.62	6672.77	0	6852.58	3355.99
A98	4363.59	155.93	6852.58	0	8449.32
A99	4304.83	8337.47	3355.99	8449.32	0

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

**Tableau E.5 Matrice de la présence de la route 175 entre les mairres d'Amérique capturées le long de la route 175**  
(0 = même côté de la route, 1 = les mairres sont sur les côtés opposés de la route)

	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
A01	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A02	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A03	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A04	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A05	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A06	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A07	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A08	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A09	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A10	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A11	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A12	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A13	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A14	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A15	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A16	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A83	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A84	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A85	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A87	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A88	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A90	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A91	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A92	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
A93	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A95	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A97	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A98	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
A99	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

	A83	A84	A85	A87	A88	A90	A91	A92	A93	A95	A97	A98	A99
A01	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A02	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A03	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A04	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A05	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A06	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A07	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A08	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A09	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A10	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A11	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A12	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A13	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A14	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A15	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A16	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A83	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A84	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A85	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A87	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A88	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A90	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A91	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A92	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
A93	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A95	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A97	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A98	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
A99	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0

**ANNEXE F**  
**RAPPORTS LIÉS AUX MARTRES D'AMÉRIQUE**  
**ET AUX ESPÈCES NON CIBLÉES**

---

## **F.1 Rapport de Bruno Baillargeon concernant le survol pour chercher les martres**

May 15th 2015

Bon matin,

Trois paires d'oreilles aiguës et désireuses de retrouver ces quelques martres n'auront pas suffi. Malheureusement aucune parmi les 5 recherchées n'a pu être entendue.

La vitesse moyenne de croisière a été d'environ 100 nœuds, vitesse habituellement utilisée pour de telles recherches.

Nous avons scanné 5 fréquences de martre ainsi que 5 fréquences de caribous, à l'aide de deux récepteurs indépendants, l'un avec un changement de fréquence au 2 secondes et l'autre au 4 secondes. Une personne était branchée sur le récepteur aux 2 secondes et les 2 autres, étaient en écoute sur celui au 4 secondes.

Pour en avoir fait à plusieurs reprises, avec un nombre beaucoup plus élevé de fréquences balayées, (30 et +), je dirais que les chances de manquer un signal si celui-ci émettait bien, sont très faibles, ce qui amène à la conclusion que soit les martres sont hors du secteur balayé ou soit que les émetteurs ne transmettent plus.

Nous avons un émetteur témoin situé sur les terrains de l'aéroport (collier de martre), au retour nous avons débuter à recevoir le signal du WP 13 dans le fichier ci-joint soit à une distance de 6.8 kilomètre, ce qui nous aurait facilement permis de retrouver les autres si ils avaient émis de la même manière, avec la même intensité puis que nos lignes de vol étaient séparées de moins de 8 kilomètres ( ce qui donne une bande de couverture de 4 kilomètre de part et d'autre puisque la portée prévue allait dans ce sens.

Nous avons localisé un seul caribou soit le 150.509 et sa position approximative est représentée par le symbole caribou dans le fichier Mapsource.

Fait surprenant, avant le décollage, lors de l'installation et de la vérification du bon fonctionnement du système, nous avons clairement entendu la fréquence 149.115 laquelle était sur la liste des caribous à rechercher. Au retour nous avons revérifier et nous l'entendions toujours à partir de l'aéroport. Je vais faire quelques vérifications supplémentaires pour éclaircir le pourquoi et je vous reviendrai la dessus.

Toute l'équipe ayant participé au survol est déçue des résultats mais confiante d'avoir fait le maximum pour les retrouver.

Merci à tous

Bruno

Bruno Baillargeon

Direction de la faune terrestre et de l'avifaune

Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

880, chemin Sainte-Foy, 2e étage, Québec G1S 4X4

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

## F.2 Rapport sur les martres recapturées pendant les étés 2014-2015 et dans les 4 session de recapture en automne 2014 et sur les espèces non ciblées

A total of 12 individuals were either recaptured or found dead. Seven of these individuals showed signs of neck lacerations, six of which were severe. Of the remaining five individuals, two had lost the fur under the collar and one could not be examined thoroughly due to complications during the anesthesia.

**Tableau F.1 Rapport sur les martres recapturées**

ID	Site	Date installed	Weight(g)	Date checked	Weight (g)	Collar days	Notes
A01	R175	05-Jul-14	975	28-Jul-14	-	23	Found dead. No visible neck wounds.
A02	R175	09-Jul-14	975	29-Jul-15	914	385	Severe lacerations
A02	R175	16-Jul-13	820	09-Jul-14	975	353	Fur loss
A03	R175	19-Jul-13	650	NA	NA	NA	Dead/No information
A04	R175	03-Jul-14	950	28-Jul-15	1016	390	Fur loss
A05	R175	17-Jul-13	925	08-Jul-14	980	351	Severe lacerations
A06	R175	17-Jul-13	840	27-Jul-14	940	370	Severe lacerations
A07	R175	20-Jul-13	975	NA	NA	NA	Dead. Impossible to determine presence of neck injuries
A08	R175	04-Jul-14	960	22-Aug-14	960	48	Severe lacerations
A08+	R175	06-Nov-13	900	04-Jul-14	960	238	Fur loss
A09	R175	17-Jul-13	800	NA	NA	NA	Dead/No information
A10	R175	06-Jul-14	1000	NA	NA	NA	Dead/No information
A11	R175	20-Aug-14	740	23-Aug-14	-	3	Severe lacerations
A12	R175	22-Aug-14	720	NA	NA	NA	Dead/No information
A13	R175	23-Aug-14	600	12-Dec-14	681	~100	Severe lacerations
A14	R175	20-Aug-14	1050	24-Aug-14	950	4	Severe lacerations starting
A15**	R175	25-Oct-14	812	17-Nov-14	844	21	Lost collar in January 2015. No injuries or fur loss. Skin in perfect shape.
A16*	R175	25-Oct-14	1024	22-Jul-15	934	270	No injuries or fur loss. Skin in perfect shape.
B01	R381	19-Aug-13	360	NA	NA	NA	Dead/No information
B02	R381	15-Aug-13	920	NA	NA	NA	Dead. No neck injury
B03	R381	26-Aug-13	820	NA	NA	NA	Dead/No information
B04	R381	18-Aug-13	870	02-Sep-14	950	374	No fur, scars and scabs
B05	R381	18-Aug-13	870	02-Sep-14	950	380	No fur, scar tissue and scabs
B06	R381	19-Jul-14	917	12-Jul-15	902	358	Loss of fur and small wound of 0.4 cm diameter.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

B07	R381	15-Jul-14	850	30-Aug-14	900	45	Severe lacerations
B08	R381	18-Jul-14	850	NA	NA	NA	Not retrieved
B09	R381	12-Aug-14	660	30-Aug-14	NA	18	Could not be examined thoroughly
B10	R381	11-Aug-14	555	NA	NA	NA	Dead/No information
B11	R381	10-Nov-14	837	NA	NA	NA	Lost collar in March 2015/No information
B12	R381	10-Nov-14	817	NA	NA	NA	Not retrieved

**Tableau F.2** Espèces non ciblées capturées en 2013-2015. Notez que quelques recaptures peuvent se trouver sous le nom de colonne « Captures », puisque ces espèces n'étaient pas marquées et que certains individus auraient pu possiblement été capturés à plusieurs reprises. Le nombre d'animaux « trouvés morts dans le piège » et « euthanasiés » est également inclus dans le compte des « Captures ».

<b>Espèce</b>	<b>Captures</b>	<b>Trouvés morts dans le piège</b>	<b>Euthanasiés</b>
Écureuil roux	317	62	17
Lièvre d'Amérique	12	0	0
Mouffette rayée	8	0	0
Mésangeai du Canada	3	1	0
Marmotte commune	2	0	0
Grand polatouche	1	0	0

### **F.3 Rapport de nécropsie du MFFP**

#### **Rapport de nécropsie (effectuée par Guylaine Seguin, med vet)**

Martre 148.390-Autopsié le 29/09/2014

Retrouvée morte fin avril 2014, route 381, près de l'accueil de la ZEC des martres.

Individu très maigre, pas de gras sur les organes

Pas de traumatismes, ni fractures, ni hémorragie (rien vu sur les radios)

État de conservation dégradé (problème de congélateur tombé en panne en cours d'été) : organes pourris, cela a pu empêcher de détecter d'éventuelles maladies

Présence de faible quantité de poils et d'os dans l'estomac

Oreille gauche déchirée (tag de couleur absent)



Poids 882g sans collier (vs 800g lors de sa capture durant l'été 2013); Poids avec collier 910g

Pas de plaie autour du cou (impossible de juger de l'usure du poil à cause de l'état de conservation)

Cause de la mort : maladie? ou vieillesse? (il semble que l'animal était assez vieux (dents identifiées comme très usées))

Martre 148.020A-Autopsié le 29/09/2014

Retrouvée morte à 100m de la route 175 (elle a traversé), en face de l'entrée de la Forêt Montmorency (fin juillet 2014)

Bonne condition physique, présence de gras pelvien et mésentérique (autour des intestins)

Présence de sang autour de l'oreille droite et un peu dans la cavité orale

Présence de sang au niveau ventral entre les membres antérieurs (donc au niveau de la poitrine)

Hémorragies importante au niveau sous-cutané du thorax ventral

Traumatismes au thorax (1-2 côtes cassées et 1 petite fracture à la scapula), perforations (plusieurs petits trous au thorax, dans la peau et dans les lobes crâniens des poumons) → possible prédation par un oiseau de proie

Blessures insuffisantes (pas assez sévères) pour conclure qu'elle a été frappée par un véhicule, blessures trop circonscrites au thorax

Cause de la mort : hémorragie suite à la perforation des poumons

Organes beaux, pas de signes de maladie

Poids 1029g (vs 975g lors de sa capture 25 j. avant)

Pas de plaie autour du cou, usure du poil

Présence d'une quantité importante de poils et d'os dans l'estomac

Martre 148.290

Retrouvée gelée près d'une cabane à martre (chemin du lac Huppé), collée avec une patte de lièvre.

Seulement des radiographies ont été réalisées puisque la martre était dans un trop mauvais état rendant l'autopsie impraticable.

Les radiographies ont révélées des fractures au niveau des vertèbres cervicales.

Le piège retrouvé à proximité du cadavre en est probablement la cause.

Martre 148.070-Autopsié le 25-05-2015

La cause de mortalité la plus probable est une septicémie bactérienne, même si Guylaine a des doutes car il s'agit d'une bactérie du milieu gastro-intestinal. Elle exclut que la porte d'entrée de la bactérie soit le collier donc la mort n'est pas liée à une blessure au cou. Elle est assez certaine qu'il n'y avait pas de trace de prédation. L'estomac était plein donc l'animal était en mesure de s'alimenter, la mort a donc été assez rapide. Donc pas de cause évidente.

*J'ai parlé avec Dre Chiasson, la pathologiste qui a fait la martre.*

*Une septicémie bactérienne possible demeure son hypothèse principale, mais le niveau de certitude est plutôt faible, à cause de l'état de conservation faible, qui masque le reste.*

*Toutefois, elle exclut que le collier soit la porte d'entrée de la bactérie, car cette bactérie ne provient pas la peau, et il n'y avait pas de lésion au cou.*

*Elle a aussi un bon niveau de certitude qu'il n'y avait pas de trace de prédation.*

*Elle a minutieusement examiné l'intérieur de la paroi thoracique et abdominale, pas de signe de trauma ou de perforation.*

*Elle exclut aussi une pneumonie pas aspiration (régurgitation durant l'anesthésie), car les lésions pulmonaires sont non compatibles.*

*La question pour laquelle on n'aura pas de réponse : pourquoi une septicémie ? Immuno-suppression ?*

*Donc pas de réponse très évidente, mais au moins on a pu exclure certaines choses.*

Martre accrochée dans grillage de la route 175 (km 110 environ)-Autopsié le 18-03-2015

Martre mâle

L'état de chair est adéquat et l'état de conservation est pauvre.

Il y a une zone linéaire cutanée dépourvue de poils dans la région de l'abdomen ventral, à proximité des membres postérieurs.

Il y a une fracture multiple du crâne s'étendant de l'extrémité du museau jusqu'à la base du crâne.

Il y a environ 10 ml de liquide séro-sanguinolent dans la cavité thoracique.

Le lobe pulmonaire crânial droit est fendu sur environ 1 cm de longueur.

Les changements macroscopiques observés sont probablement d'origine traumatique.

La fracture du crâne semble ante-mortem à la base du crâne et post-mortem dans la région du museau.

L'évaluation des poumons macroscopiquement, sans évaluation histologique, était difficile considérant les changements post-mortem et la congélation; la déchirure pulmonaire est probablement ante-mortem.

Martre 148.100

Le collier a été récupéré à 2 pieds sous terre dans une pente forte (fin mai). Il n'y avait pas de corps associé. Peut-être le collier est-il tombé ou a glissé du cou lorsque la martre est sortie du trou (installé en octobre selon la nouvelle méthode moins serrée)? Le collier est en bon état.

**ANNEXE G**  
**RÉSOLUTION 40-3 - RÉSOLUTION CONCERNANT**  
**LA CONNECTIVITÉ ÉCOLOGIQUE,**  
**L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET**  
**LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ**

---

## **RÉSOLUTION 40-3 - RÉSOLUTION CONCERNANT LA CONNECTIVITÉ ÉCOLOGIQUE, L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ**

**ATTENDU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada ont fait preuve de leadership sur la scène internationale par leurs actions collectives dans les dossiers de la protection environnementale et des changements climatiques, surtout dans leur travail visant à étendre l'utilisation et la production d'énergie renouvelable et dans leurs autres efforts en vue de réduire les émissions de gaz à effet de serre;

**ATTENDU QUE** l'économie, la culture et l'identité de la région sont étroitement liées à ses ressources forestières et hydriques, et dépendent de ces ressources;

**ATTENDU QUE** les villes et les villages, les infrastructures et les écosystèmes naturels de la région sont vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques. Les administrations de toute la région prennent des mesures pour appuyer l'adaptation aux changements climatiques en rendant les collectivités, les infrastructures et les investissements publics plus résilients;

**ATTENDU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada reconnaissent le lien intrinsèque entre le paysage boisé de la région et son économie de produits forestiers, de même que le rôle important que jouent les propriétaires de terrains boisés privés dans la santé et l'état des forêts de la région;

**ATTENDU QUE** la forêt des Appalaches nordiques et la forêt acadienne ont une importance mondiale, car elles forment la forêt de feuillus tempérée continue la plus intacte du monde. La forêt côtière du nord-est, incluant la plaine littorale et la forêt des basses-terres du golfe du Saint-Laurent, offre un lien vital aux migrateurs néo-tropicaux d'importance mondiale. Les forêts boréales sont importantes à l'échelle mondiale pour des millions d'oiseaux migrateurs et non migrateurs, y compris des oiseaux chanteurs qui dépendent des forêts boréales à différentes étapes de leur cycle de vie. Ensemble, ces forêts couvrent des portions des six États de la Nouvelle-Angleterre et des cinq provinces de l'Est du Canada. Les changements climatiques mondiaux sont une menace évidente pour la santé à long terme de ces écosystèmes vitaux. La propagation d'espèces envahissantes et de maladies de la faune, souvent exacerbée par les changements climatiques mondiaux, représente également une menace importante;

**ATTENDU QUE** les Autochtones entretiennent de longue date des liens profonds avec la terre, et qu'ils reconnaissent encore aujourd'hui l'importance traditionnelle d'un environnement sain pour le bien-être collectif et la prospérité économique des générations futures;

**ATTENDU QUE** les efforts de conservation et de rétablissement de la connectivité écologique sont une stratégie importante qui permet d'accroître la résilience des écosystèmes indigènes et de la biodiversité de la région et de renforcer son économie et ses communautés humaines. Les habitats connectés offrent des voies naturelles dont ont besoin les poissons, la faune et la flore pour se déplacer afin de répondre à leurs besoins de base, et pour trouver un habitat qui leur convient à mesure que changent les conditions climatiques. Les écosystèmes intacts offrent aussi des avantages économiques et sociaux durables sur lesquels repose le bien-être de la région – comme les produits forestiers renouvelables, les activités de plein air et le tourisme, la pureté de l'air et de l'eau, la réduction des inondations, la séquestration de carbone et notre sentiment d'appartenance;

**ATTENDU QUE** l'infrastructure de transport, essentielle à la croissance économique de la région, peut être conçue et située de manière à protéger la connectivité des habitats pour les espèces terrestres et aquatiques. Une infrastructure de taille appropriée, conçue pour protéger la connectivité des habitats des espèces terrestres et aquatiques dans le contexte des changements climatiques, apporte également aux collectivités des avantages importants sur les plans de la sécurité publique, de l'économie et de la résilience climatique. Ces avantages incluent la réduction des risques de collision entre des véhicules et des animaux sauvages, la réduction des risques de dommages causés par les inondations et des coûts connexes, le renforcement de la sécurité et de la fiabilité des réseaux de transport, et l'amélioration de la qualité de l'eau en évitant les défaillances aux traversées des cours d'eau (p. ex. aux ponts et aux ponceaux);

**ATTENDU QUE** les ressources en eau et les forêts de la région traversent les frontières provinciales, étatiques et nationales. Les actions efficaces en vue de préserver ces ressources de même que les précieux biens et services écosystémiques qu'elles offrent exigent une collaboration transfrontalière;

**ATTENDU QUE** la conservation et le rétablissement des écosystèmes connectés exigent une approche à volets multiples comprenant le développement et la mise en pratique de principes scientifiques éprouvés, la conservation de territoires ciblés, la gestion durable des ressources terrestres et hydriques, des solutions stratégiques, une infrastructure de transport améliorée, des activités de mobilisation et de participation avec les principaux groupes concernés, et une pratique réfléchie d'aménagement du territoire;

**ATTENDU QUE** de multiples partenariats publics-privés transfrontaliers œuvrent activement à soutenir les écosystèmes connectés intacts de la région.

**PAR CONSÉQUENT, IL EST RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada reconnaissent l'importance de la connectivité écologique pour la capacité d'adaptation et la résilience des écosystèmes, de la biodiversité et des communautés humaines

de la région face aux changements climatiques;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada reconnaissent la nécessité de collaborer par-delà les frontières et les paysages afin de faire avancer les efforts de conservation et de rétablissement de la connectivité écologique;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada enjoignent aux organismes relevant de leur autorité de donner une place plus importante à la connectivité, à la conservation et au rétablissement écologiques dans leurs activités. Ils les enjoignent également d'encourager la collaboration dans la région, lorsque cela semble approprié, afin de cerner les zones de connectivité prioritaires qui relient et étendent les zones protégées actuelles, et afin de mobiliser et d'affecter les ressources de la manière la plus efficace possible;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada conseillent aux organismes relevant de leur autorité d'appuyer les efforts de protection et de planification du territoire qui protègent et améliorent la connectivité, et de promouvoir la gestion durable des terres publiques et privées et des systèmes aquatiques qui contribuent à ces objectifs;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada enjoignent aux organismes œuvrant dans les domaines du transport et des ressources naturelles de chercher des moyens de développer, de modifier et d'élargir les programmes fédéraux, provinciaux et étatiques d'amélioration du transport et de désignation dans le but d'améliorer la connectivité des habitats;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada enjoignent aux organismes œuvrant dans les domaines du transport et des ressources naturelles dans chaque administration de collaborer aux efforts en vue de trouver la bonne conception et la bonne taille pour l'infrastructure de transport, afin de permettre aux espèces terrestres et aquatiques de circuler et de faciliter l'adaptation aux changements prévus dans les précipitations et les débits de pointe en raison des changements climatiques. Ces gestes contribueront à d'autres avantages critiques, comme une eau de meilleure qualité et une plus grande résilience aux inondations;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada encouragent les organismes d'aménagement du territoire à tous les niveaux, particulièrement dans les municipalités, à inclure des objectifs de connectivité des habitats dans leurs politiques et activités d'aménagement du territoire;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada enjoignent aux fonctionnaires de

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**


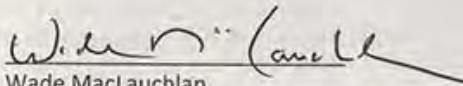
participer, dans la mesure du possible, aux efforts visant à documenter l'état actuel de la connectivité des forêts et des habitats dans chaque administration et dans la région. Les États et les provinces qui partagent des habitats devraient collaborer, dans la mesure du possible, afin de préparer des plans de travail régionaux en vue de cerner les problèmes potentiels et de trouver des solutions de collaboration;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada s'engagent à contribuer, dans la mesure du possible, aux efforts collectifs en vue de contrôler l'invasion d'espèces exotiques et la propagation de maladies de la faune en échangeant de l'information et des pratiques exemplaires dans le but de protéger la biodiversité de la région et de préserver la santé de ses écosystèmes boisés et aquatiques;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada encouragent les organismes relevant de leur autorité à collaborer à la promotion de la vitalité des paysages boisés de la région et de l'économie qui s'y rattache, notamment l'industrie des produits forestiers;

**IL EST DE PLUS RÉSOLU QUE** les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et les premiers ministres de l'Est du Canada demandent au Comité de l'environnement de former un groupe de travail en vue de la 44e Conférence annuelle des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada, en 2020. Le groupe de travail coordonnera ces efforts et présentera au moins tous les deux ans aux membres du Comité de coordination un rapport sur les activités prévues et en cours qui contribuent à l'atteinte des objectifs de la présente résolution.

*Adoptée à la 40e Conférence annuelle des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada, à Boston (Massachusetts), le 29 août 2016*

 Charles D. Baker Gouverneur du Massachusetts Coprésident	 Wade MacLauchlan Premier ministre de l'Île-du-Prince-Édouard Coprésident
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

DATE DE MODIFICATION : 3-10-2016





**ANNEXE H**  
**EXEMPLES D'ACCORDS DE COOPÉRATION**  
**DU VERMONT ET DE L'IDAHO**

---

MEMORANDUM OF AGREEMENT  
BETWEEN  
THE VERMONT AGENCY OF TRANSPORTATION  
AND  
THE VERMONT AGENCY OF NATURAL RESOURCES,  
FISH AND WILDLIFE DEPARTMENT  
REGARDING  
TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE  
AND  
FISH AND WILDLIFE RESOURCES

THIS MEMORANDUM OF AGREEMENT ("Agreement" or "MOA"), is entered into this \_\_\_\_ day of \_\_\_\_\_, 2014, by and between the Vermont Agency of Natural Resources, Fish and Wildlife Department ("VFWD"), and the Vermont Agency of Transportation ("VTrans");

WHEREAS, the parties recognize a shared vision and responsibility to the people of Vermont to provide safe, effective transportation systems and a healthy environment that supports all native plants and animals and that these interests are not mutually exclusive and are best accomplished through thoughtful cooperation and collaboration; and

WHEREAS, the parties desire to protect and improve aquatic and terrestrial habitats, the populations they support and the ecological functions which sustain them, including the movement of wildlife and aquatic organism around and through transportation systems; and

WHEREAS, the parties recognize the threat climate change presents to the state's wildlife and aquatic organisms, and the need for habitat connectivity and for species to be able to move across the landscape as they adapt to the state's changing climate; and

WHEREAS, the parties desire to improve public safety by reducing the potential for wildlife collisions with traveling motorists along transportation infrastructure through improved planning, coordination, and project development between Vtrans and VFWD;

NOW, THEREFORE, the parties agree as follows:

1. **Inter-agency Committee.** The parties will convene an inter-agency committee co-chaired by the Secretary of Transportation and the Commissioner of Fish and Wildlife or their designee(s). The Committee will include representatives from the VFWD Wildlife and Fisheries divisions and the VTrans Highway Division, Project Delivery Bureau, Maintenance & Operations Bureau and Policy, Planning and Inter-modal Development division and will meet quarterly or as needed to oversee the activities identified below.
2. **Identification of Transportation Impacts on Fish and Wildlife Resources.** The parties will broaden the understanding, and identify the impacts, of the development, improvement and maintenance of the state's transportation networks and facilities on the state's fish and wildlife resources, including but not limited to: (a) wildlife mortality

from vehicle collisions; (b) direct and indirect effects to aquatic and terrestrial habitats from the existing transportation system, including effects of fragmentation; (c) effects of increased traffic on wildlife movement and mortality; (d) effects of maintaining existing infrastructure and proposed highway expansions; (e) and overall effects of transportation infrastructure and development on the ability of Vermont's ecosystems to adapt to changes in climatic conditions.

3. **Minimization of Transportation Impacts on Fish and Wildlife Resources.** To address the issues identified in Paragraph 2, above, the parties will work together to minimize transportation impacts on fish and wildlife resources. This effort will include the following:
- a. The inter-agency committee will prepare and the co-chairs of the committee will approve a bi-annual work plan with specific actions to address at a minimum the topics identified below. The committee will receive staff assistance from VTrans.
  - b. Investigate use of underpasses, bridge extensions, culvert installations and modifications and associated fencing, land conservation and other techniques to facilitate and guide aquatic organism and wildlife movement through and across transportation networks.
  - c. Investigate the use of construction and maintenance practices and techniques which minimize impacts to aquatic and terrestrial habitats from transportation development, improvement and maintenance.
  - d. Continue to develop and implement GIS and other modeling techniques to help predict aquatic organism and wildlife movement and associated linkage habitats.
  - e. Coordinate between the agencies to better plan, predict problems, and evaluate resources in advance of project design to help minimize conflicts regarding specific species, habitats, and indirect and cumulative impacts during regulatory and environmental review processes. Plan for mitigation at the watershed or bioregional level when feasible and appropriate, rather than mitigating transportation impacts on a case-by-case basis, with the goal of reducing mitigation costs and achieving greater overall ecological benefit
  - f. Conduct research and collect data to guide policy-making including better understanding the efficacy of investments to address aquatic organism and wildlife movement.
  - g. Participate in inter-agency and other initiatives and projects to address climate change and its effect on the state's wildlife, fisheries and ecological health.
  - h. Stay up-to-date on national and international developments, by sharing information, exploring research and funding opportunities from governmental and non-profit sources, and participating in related regional, national, and

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

international conferences and planning efforts among the states, Canadian provinces and non-governmental organizations in both the US and Canada.

- i. Facilitate regional conferences and workshops among the northeast states on matters relating to the interaction between transportation planning and development and fish and wildlife conservation.

- 4. **Duration; Termination.** This MOA will remain in effect for an indeterminate period. Either party may terminate this MOA upon ninety (90) days' notice to the other party.

AGENCY OF TRANSPORTATION  
RESOURCES

AGENCY OF NATURAL

\_\_\_\_\_  
Secretary

\_\_\_\_\_  
Secretary

APPROVED AS TO FORM:  
WILDLIFE

DEPARTMENT OF FISH &

DATE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
ASSISTANT ATTORNEY GENERAL

\_\_\_\_\_  
Commissioner

**MEMORANDUM OF UNDERSTANDING**  
**Between**  
**THE IDAHO TRANSPORTATION DEPARTMENT**  
**And**  
**THE IDAHO DEPARTMENT OF FISH AND GAME**

**PURPOSE:**

This MEMORANDUM OF UNDERSTANDING (MOU) is hereby made and entered into by and between the Idaho Transportation Department, (hereinafter "ITD"), and the Idaho Department of Fish and Game, (hereinafter "IDFG"), collectively referred to as the "parties."

Both parties acknowledge that:

1. The collaboration and processes outlined in this MOU are designed to enhance the efforts of the agencies within their ordinary regulatory and statutory obligations.
2. Traditional project-by-project evaluation and coordination limit the effectiveness for the signatory agencies in achieving their missions.
3. Enabling safe wildlife passage, reducing road kill, and increasing public safety at the earliest opportunities, particularly in locations where regulatory processes do not require wildlife mitigation or conservation measures, will require financial support from both the agencies and other partners.
4. Resources devoted to regulatory consultation and documentation on a project-by-project basis, in many cases, would be better spent on combining and streamlining processes and data for multiple projects, plans, and programs over an extended timeframe. This economy of scale would allow a coordinated program to address habitat fragmentation, wildlife viability, and transportation planning and development at the statewide level.

**BACKGROUND:**

The ITD's mission is to promote safety, mobility, and economic opportunity for users of Idaho's transportation system. The IDFG's mission is to preserve, protect, perpetuate and manage the fish and wildlife populations of the State. It is for the economic, social, cultural, and recreational benefit of Idaho's citizens and visitors that IDFG and ITD collaborate for the common purpose of maintaining and improving Idaho's transportation systems while simultaneously protecting and managing the Idaho's fish and wildlife resources and their associated habitats. This MOU embodies the idea that "we cannot sacrifice transportation for wildlife and we cannot sacrifice our wildlife for transportation" and so establishes a program of cooperation between the agencies.

**AUTHORITY:**

This MOU is entered into pursuant to the authority of Idaho Code, Chapter 23, Title 67, Sections 2326 through 2333 and 2339 (Joint action by public agencies), and 40-309 (Transportation Board powers and duties).

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

This MOU supersedes the previous MOUs signed in March 1987, January 1993, and April 2004, but does not invalidate MOUs written between ITD districts and IDFG regions.

**SPECIFIC AREAS OF COLLABORATION:**

**Data Access and Information Systems**

**ITD SHALL:**

1. Automatically, on no less than a monthly basis, export all road kill data from TAMS to IDFG for incorporation into their road kill and observations database.
2. Automatically, on no less than a monthly basis, export all law enforcement reported wildlife vehicle collisions to IDFG for incorporation into their road kill and observations database.
3. Respond to individual requests from IDFG for transportation system information within 2 weeks unless otherwise coordinated. For re-occurring requests, provide the data via the most effective means of electronic data transfer.
4. Annually update the wildlife vehicle collision risk map using the protocol and data identified in wildlife vehicle collision research in *Methodology for Prioritizing Appropriate Mitigation to Reduce Big Game Animal-Vehicle Collisions on Idaho Highways* (P. Cramer et al 2014) or the most recently accepted protocol.

**IDFG SHALL:**

1. Maintain and develop databases, applications, and web services or some other means of effective electronic data transfer for purposes of data exchange with ITD. This data shall be credible for transportation planning and project assessment purposes. Site specific knowledge and consultation as well as ongoing data collection will need to come from regional staff.
2. Provide real time access to updated fish and wildlife data including threatened, endangered, game, and species of greatest conservation need including wetlands, waters, priority areas, areas of connectivity, and other associated data that are pertinent to the planning and maintenance of the transportation system. Respond to individual request for information within two weeks unless otherwise coordinated.
3. Provide interpretation of IDFG data regarding its appropriate application, when requested or needed.

**Both Parties SHALL:**

Establish a Data Development Team by August 2015 as outlined in Exhibit A.

**Professional Services**

**ITD SHALL:**

Consider the expertise of the IDFG personnel for contract services related to federal requirements for biological assessments, designing and implementing monitoring and surveys, and providing consultation associated with state and federal highway projects within available resources and desired timelines. Development of professional service agreements on an annual basis are encouraged. See Exhibit B for a Cooperative Agreement template for single or multiple projects. ITD shall consider use of Best Management Practices recommended by IDFG within available resources.

**IDFG SHALL:**

Consider the expertise of the ITD personnel for contract services related to engineering and traffic control functions associated with fish, wildlife, and administrative projects within available resources and desired timelines. Development of professional service agreements on an annual basis are encouraged. See Exhibit B for a Cooperative Agreement template.

Provide current and applicable Best Management Practices and designs for fish and wildlife treatments and modifications related to transportation systems at annual meetings or as part of normal project review. These treatments and designs will be the most current and accepted for transportation systems and will provide engineering specifications as available.

**Both Parties Agree:**

To evaluate the potential sharing of human resources and expertise for mutual benefit. Such human resources might include technical personnel, biologists, engineers, planners, and project specialists. Sharing might consist of either agency providing some or all of either a full-time employee or associated salary with a specific work plan and clearly outlined supervisory lines and work objectives.

### **Project Communication and Coordination**

#### **Both Parties SHALL:**

1. District/Region: Meet annually, between March and June, to discuss issues of mutual concern. See Exhibit C for recommended attendees and typical agenda items. The designated ITD and IDFG meeting notekeepers will copy the ITD Environmental Section Manager and IDFG Wildlife Program Coordinator, respectively.
2. Headquarters: Meet annually, between March and June, to discuss issues of mutual concern and assure the MOU is operationalized. Provide annual updates to their respective Director's offices on the implementation and success of this MOU.
3. Respond to information and input requests from the other agency within two weeks of the request unless otherwise notified.
4. Consider comments from the other agency when developing project scope and budget.
5. Continue with currently established and functional coordination meetings, as needed.

### **Public and Media Relations**

#### **Both Parties SHALL:**

1. When issuing a press release which may impact or affect the other agency, the affected agency will be given advance notice and provided an opportunity to offer input on the draft press release, before it is released to the public.
2. Cooperate in the issuance and/or development of joint statements, press releases, website content, collaboration, and success stories when the issue or topic includes mutual areas of concern, interest, and investment.
3. When contacted by the media about an issue or topic that includes mutual areas of concern, interest, and investment, staff will take the following steps: 1) Inform superiors and make certain of messages to be conveyed before responding. 2) Insure adherence to agency media/public information policies. 3) Contact the other agency prior to or immediately after conducting a media interview and provide them the media contact information. 4) Suggest the media contact the other agency for their perspective on the given topic.



**Road-killed Big Game animals:**

**ITD SHALL:**

1. Report all road-killed big game animals to the nearest 1/10<sup>th</sup> of a mile in the TAMs database no less than bi-weekly.
2. In coordination with Regional IDFG Staff, encourage the reporting of road killed wildlife species other than big game, especially where road kill frequency or type may be indicating an important conservation or resource issue.

**IDFG SHALL:**

1. Report all road-killed big game animals observed to be reported to the nearest 1/10<sup>th</sup> of a mile in the IDFG road kill web application no less than bi-weekly. <<https://fishandgame.idaho.gov/species/roadkill>>
2. Use road kill data for purposes of mapping and prioritizing wildlife crossings, linkages, and public safety concerns. Develop collaborative highway treatment plans and funding to reduce road kill, increase wildlife linkage/connectivity/corridors, and reduce hazards to drivers.
3. Communicate and develop road kill information for wildlife species and conservation priorities in relation to listed, greatest conservation need, and locally important species.

**Both parties SHALL:**

1. Develop a cooperative ITD District-IDFG Region Road Kill Removal and Disposal Protocol.
2. Remove big game or any road-killed species that presents a potential safety hazard from the roadway upon first encounter.
3. Dispose of Big Game road-killed animals in a manner that is consistent with public health and safety concerns.
4. Report any identified federally protected road-killed species to the U.S. Fish and Wildlife Service and/or IDFG. These may include eagles, grizzly bears, and lynx.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

**Signage and Public access**

**ITD SHALL:**

1. Develop and deploy signage to clearly identify and delineate public recreation access.
2. Install and maintain authorized Wildlife Management Area (WMA) permanent wildlife management signs and other fish and game guide signs at IDFG expense.
3. Provide to IDFG a list of surplus properties that may be exchanged, sold, or donated to IDFG for the enhancement of public access and recreation.

**IDFG SHALL:**

1. Develop and deploy signage to clearly identify and delineate public recreation access.
2. Provide to ITD an inventory of surplus properties that may be exchanged, sold, or donated to ITD for the enhancement of transportation systems.
3. Provide to ITD an updated inventory of IDFG properties where public recreation and access may be developed and provided in cooperation with ITD.

**Both Parties SHALL:**

1. Discuss the above in the context of district/region cooperation through their participation in and according to the identified structure in Exhibit C. Develop funding opportunities and cooperatively fund development and enhancement of public recreation and access opportunities.
2. Coordinate additional signage, as agreed.

**LIMITATIONS:**

Nothing in this MOU by and between ITD and IDFG shall be construed as limiting or expanding the statutory or regulatory responsibilities of either agency or any involved individual acting on behalf of the agency or in performing functions granted to them by law; or as requiring either agency to expend any sum in excess of its respective appropriation. Each and every provision of this MOU is subject to the laws and regulations of the state of Idaho and of the United States.

Nothing in this MOU shall be construed as expanding the liability of either party. In the event of a liability claim, each party shall defend their own interests. Neither party shall be required to provide indemnification of the other party. This MOU does not in any way restrict any entity from participating in similar activities with other public or private agencies, organizations, and individuals.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

**EFFECTIVE DATE:**

This MOU shall become effective upon signature of the Director of ITD and the Director of IDFG.

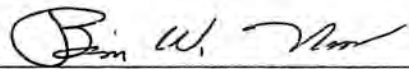
**METHOD OF TERMINATION:**

This MOU shall remain in force for five years from the date of the last signature unless it is mutually extended or formally terminated by either party after thirty (30) days written notice to the other party.

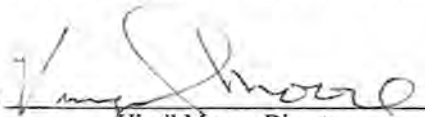
**AMENDMENTS:**

Amendments to this MOU shall become effective upon the date of mutual agreement and written approval by the Director of ITD and the Director of IDFG.

IDAHO TRANSPORTATION DEPARTMENT

By:  Date: 6/9/2015  
Brian W. Ness, Director

IDAHO DEPARTMENT OF FISH AND GAME

By:  Date: 7/15/15  
Virgil Moore, Director

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

**Exhibit A**  
*Data Development Team Agenda*

**Recommended Attendees:**

<b>Idaho Transportation Department</b>	<b>Idaho Department of Fish and Game</b>
GIS Staff	GIS Staff
Programming Staff	Programming Staff
Environmental Section Manager	IFWIS Manager
	Wildlife Program Coordinator

**Recommended Frequency:** Semi-annually. As needed follow up meetings, outside of this structure, should take place if issues and discussions arise.

**Duration:** Approximately 2 hours

**Location:** Alternate annually between ITD and IDFG HQ facilities

**Responsible party for organization of meeting and agenda:** IDFG Program Coordinator and ITD Environmental Services Manager

**Considerations:**

- Plan ahead – Schedule the meeting at least two months prior to proposed date to ensure participation from all parties
- Take good notes –consider designating a note taker

**Topics to discuss:**

- Identify a process for what new data will be collected, how it will be collected and the process for developing the tools
- Create a clause regarding the standard for acceptance of sister agencies' data
- Work towards 24/7 data access between agencies
- Provide for a project milestone "checklist" to ensure data sharing and resulting actions occur
- Address staffing issues
- Work towards data sharing online as much as possible, particularly with existing resources (e.g. ITD Planning Network (IPLAN), Crucial Habitat Assessment Tool (CHAT), etc.)
- Challenges associated with interpretation/explanation of data and any restrictions on its use
- Identify the lifespan of data
- Set a timeframe for providing official responses between agencies

**Tracking Progress**

- Send out notes to all participants and upper-level management
- IDFG Program Coordinator and Environmental Section Manager to follow up every quarter with attendees on action items, issues and questions related to the above topics.

**Exhibit B**

**TEMPLATE**

**COOPERATIVE AGREEMENT  
FOR  
IDAHO DEPARTMENT OF FISH AND GAME /  
IDAHO TRANSPORTATION DEPARTMENT  
PROJECT NO. A0 \_\_\_\_\_  
(Project Name)  
(Key No.)**

**PARTIES**

THIS Cooperative Agreement is made and entered into this \_\_\_\_\_ day of \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, by and between the Idaho Transportation Department, hereafter called ITD and the Idaho Department of Fish and Game, hereafter called the IDFG.

**PURPOSE**

The purpose of this agreement is to use the expertise of IDFG staff to complete biological evaluations needed for ITD project development.

The work covered by this Agreement for Project No. >>>>> is >>>>>, as shown on the attached Exhibit A, Scope of Work.

**The Parties Agree As Follows:**

**The IDFG agrees to:**

1. Provide an estimate of the approximate cost, time and schedule for the work noted on Exhibit A.
2. Bill the ITD for reimbursement of actual expenses. IDFG will maintain complete records and submit an itemized invoice of all manpower, materials and out-of-pocket expenses, and accomplish all record-keeping in accordance with the following procedures:
  - a. Individual time sheets will be maintained reflecting the total hours spent on the project. It is imperative that the hours be traceable to the project.
  - b. Material – Costs of new material utilized on the project shall be supported by copies of invoices.
  - c. Out-of-pocket expenses – All expenses shall be supported by copies of receipts.
  - d. The record system will be such that all costs can be traceable from all billings through the ledgers and the source document.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

3. Conduct all services using qualified personnel.
4. Deliver a monthly progress report to ITD unless otherwise noted in Exhibit A. The progress report shall include the status of budget and schedule, % complete, and any potential changes to the scope of work.
5. Deliver the product within the schedule and budget noted in Exhibit A.
6. Deliver documents in a format shown in Exhibit A.

**The ITD agrees to:**

1. Provide additional information requested by IDFG in a timely manner.
2. Make all appropriate payments to IDFG, based on quarterly billing requests.

**TERM OF AGREEMENT**

This Agreement shall become effective on the first date written above and remain in full force and effect until amended, replaced upon the mutual consent of the ITD and IDFG or performance of the above conditions are not being met satisfactorily by any party. Either party may terminate this Agreement upon written notice to the other signatory agency.

**EXECUTION**

This Agreement is executed for the ITD by its District Engineer and executed for IDFG by the Chief of the Bureau of Administration.

**IDAHO TRANSPORTATION DEPARTMENT**

\_\_\_\_\_  
District Engineer

**IDAHO DEPARTMENT OF FISH AND GAME**

\_\_\_\_\_  
Chief of Administration

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

**Exhibit C**

*(Sample) Annual ITD District/ITFG Region Coordination and Planning Meeting*

Attendees:

<b>Idaho Transportation Department</b>	<b>Idaho Department of Fish and Game</b>
District Senior Environmental Planner	Regional Conservation Officer
District Senior Transportation Planner	Regional Environmental Biologist
District Maintenance Engineer	Regional Habitat Manager
District GIS Analyst	

**Responsible party for organization of meeting and agenda:** ITD District Senior Environmental Planner unless otherwise mutually agreed.

**Communication Best Practices:**

- Plan ahead – at least two months prior to meeting date to ensure participation from all parties
- Consider designating a note taker or bringing someone in to transcribe notes for participants
- Field Trip of current and future project sites – to increase understanding of critical habitat and areas of concern before or after the regular meeting.

**(Sample) Agenda items:**

- Share and update district/region staffing flow charts with contact information and preferred method of contact
- Introduce any new staff and exchange contact information
- Review MOU and/or assign ITD/IDFG counterparts to review their relevant sections and ensure appropriate parties are adhering to the language of the MOU and providing listed resources and information.
- Check-in on MOU effectiveness. Where are good things happening? Where do we need improvement? Do any amendment suggestions need to be proposed?
- Review upcoming projects on the ITIP.
- Scoping of future projects not yet on the ITIP.
- Discuss opportunities for wildlife crossing improvements and inclusion with current highway construction projects
- Discuss and evaluate joint funding sources for wildlife crossings
- Discuss opportunities for staff sharing
- Report on road kill removal plans and progress
- Broad discussion on types of impacts transportation projects often have on habitat and wildlife
- Share successes and develop action items for jointly draft new releases and success stories.
- Identify and share grant and funding opportunities. Develop action items for follow up on grants and funding.
- Effectiveness of data sharing protocols and developments
- Discuss other Region/District specific concerns

**Post-Meeting Items**

Distribute notes, including action items and responsible parties.

## Exhibit D

### *District/Region Road Kill Removal and Disposal Protocols*

Participants:

<b>Idaho Transportation Department</b>	<b>Idaho Department of Fish and Game</b>
District Operations Engineer	Regional Manager
District Maintenance Foremen	Regional Conservation Officers

*Sample of items to consider for protocols:*

**Removal:**

- What types of road killed animals will be removed from the road prism?
- What is the protocol for handling wounded animals?
- How far does an animal need to be moved? Outside the fog line? Out of sight?
- Are scavenger species a concern with road kill?
- Does the removal protocol change based on the season and weather?

**Disposal:**

- What constitutes proper disposal?
- Who will pay for any disposal fees?
- Where are approved disposal locations?

**Coordination:**

- What is proper protocol for removal and handling of protected species?
- How do we minimize double counting between ITD personnel and IDFG personnel as well as the traveling public?
- How often will the plan be updated?
- How will the plan be disseminated to all personnel?
- Who is the point of contact at each agency regarding road kill?

**Safety:**

- What are the safety concerns with road kill removal?
- What can be done to minimize these concerns?



**ANNEXE I**  
**EXEMPLES DE GUIDES TECHNIQUES RELATIVE AUX**  
**PASSAGES À FAUNE ET À LA CONCEPTION DES CLÔTURES**

---

## I.1 Exemple du "*Wildlife Crossing Structure Handbook*" (Clevenger et Huijser 2011)

### APPENDIX C – HOT SHEET 9: SMALL-TO-MEDIUM-SIZED MAMMAL UNDERPASS

---

#### HOT SHEET 9: SMALL-TO-MEDIUM-SIZED MAMMAL UNDERPASS

##### GENERAL DESIGN

One the smallest wildlife crossing structures. Primarily designed for small- and medium-sized mammals, but use by most species will depend largely on how it may be adapted for their specific crossing requirements and cover needs as Figure 49 shows. Small- and medium-sized mammals (including carnivores) generally utilize these structures, particularly if they provide sufficient cover and protection. These underpass structures can be of value to semi-aquatic mammals and amphibians if underpass structure is located in or near the habitat of these species.

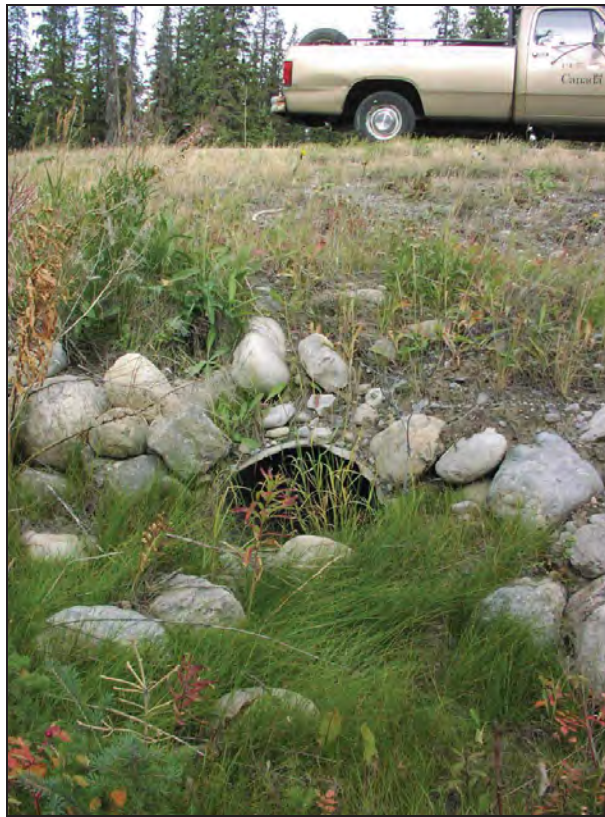


Figure 49. Photo. Small- to medium-sized mammal underpass (Credit: Tony Clevenger).

**APPENDIX C – HOT SHEET 9: SMALL-TO-MEDIUM-SIZED MAMMAL UNDERPASS**

---

**USE OF THE STRUCTURE**

Exclusively for wildlife

**GENERAL GUIDELINES**

- To ensure performance and function, small to medium-sized mammal underpasses should be situated in areas with high landscape permeability, are known wildlife travel corridors and have minimal human disturbance.
- Underpass should be designed to conform to local topography. Design drainage features so flooding does not occur within underpass. Run-off from highway near structure should not end up in underpass.

**DIMENSIONS - GENERAL GUIDELINES**

Dimensions will vary depending on the target species. Structures generally range from 1 ft to 4 ft (0.4-1.2 m) diameter culverts or underpass structures.

**TYPES OF CONSTRUCTION**

Concrete bottomless arch

Circular multi-plate metal culvert

Prefabricated concrete box culvert

**SUGGESTED DESIGN DETAILS**

**Crossing structure**

- Structures should be designed to meet the movement needs of widest range of species possible that live in the area or might be expected to recolonize area, e.g., high and low mobility species.
- Maximize microhabitat complexity and cover within underpass using salvage materials (logs, root wads, rock piles, etc.) for sustained use by semi-arboreal mammals, small mammals, reptiles and species associated with rocky habitats.
- Preferable that the substrate of larger underpasses is of native soils. If construction type has closed bottom (e.g., concrete box culvert), a soil substrate  $\geq 6$  in (15 cm) deep must be applied to interior.
- Design underpass to minimize the intensity of noise and light coming from the road and traffic.
- On divided highways, underpass structure should be continuous, below-grade and not open up in the central median as the example in Figure 50 shows.

APPENDIX C – HOT SHEET 9: SMALL-TO-MEDIUM-SIZED MAMMAL UNDERPASS



**Figure 50. Photo. Continuous wildlife underpass on divided highway (Credit: Tony Clevenger).**

**Local habitat management**

- Protect existing habitat. Design with minimal clearing widths to reduce impacts on existing vegetation. Where habitat loss occurs, reserve all trees, large logs, and root wads to be used adjacent to and within larger wildlife crossing structures that may be built during project.
- Attempt to provide continuous habitat leading to and adjacent to the structure.
- Encourage use of structure by using fencing, rock walls, or other barriers along road to direct wildlife into underpass. Use topography and natural features as much as possible.
- Encourage use of underpass by baiting and/or cutting trails leading to structure, if appropriate.
- Avoid building underpass in location with road running parallel and adjacent to entrance, as it will affect wildlife use.
- If traffic volume is high on the road above the underpass it is recommended that sound attenuating walls be placed above the entrance to reduce noise and light disturbance from passing vehicles.

APPENDIX C – HOT SHEET 9: SMALL-TO-MEDIUM-SIZED MAMMAL UNDERPASS

---

**Possible Variations**

Divided road (2 structures)

In-line:

Off-set:

Undivided road (1 structure)

**MAINTENANCE**

- If wildlife underpass/culvert is not being monitored on regular basis, periodic visits should be made to ensure that there are no obstacles or foreign matter in or near the underpass that might affect wildlife use.
- Fence should be checked, maintained and repaired periodically (minimum once per year, preferably twice per year).

**SPECIES-SPECIFIC GUIDELINES**

**Recommended/Optimum solution for wildlife species/groups**

*Carnivores*

- Coyote, Fox1 – Generalist species' that occupy a variety of habitat types. Will typically use underpass or culvert designs sufficiently large enough so they can move through them.
- Fisher, Marten – Forest-dwelling species that tend to prefer structures that provide or have cover elements incorporated. Marten are known to readily use drainage culverts to cross 2- and 4-lane roads as captured in Figure 51. There is only anecdotal information on Fishers using drainage culverts. Design of culverts for these mustelid species should be slightly larger than their body size (ca. 2-3 ft diameter), thus providing cover and protection needed for travel. Larger size underpass structures should have continuous cover throughout to ensure regular use by individuals of all gender and age classes.
- Badger, Weasel – Species generally found in open areas and have been documented using drainage culverts to cross roads. Like Martens, Weasels readily use drainage culverts, particularly smaller ones (ca. 2 ft diameter). Badger tunnels have been designed in many countries and shown to be successful mitigation measures as shown in Figure 52. Design of tunnels or culverts for these species should be slightly larger than their body size (badgers, 2-3 ft (0.6-0.9 m) diameter; weasels, 1-2 ft (0.3-0.6 m) diameter), thus providing cover and protection needed for travel. Larger size underpass structures will not likely be sufficient to ensure regular use by individuals of all gender and age classes unless cover is added to them.

APPENDIX C – HOT SHEET 9: SMALL-TO-MEDIUM-SIZED MAMMAL UNDERPASS



Figure 51. Photo. American marten using a drainage culvert to cross the Trans-Canada Highway, Banff National Park, Alberta (Credit: Tony Clevenger).



Figure 52. Photo. Badger tunnel in The Netherlands (Credit: Tony Clevenger).

APPENDIX C – HOT SHEET 9: SMALL-TO-MEDIUM-SIZED MAMMAL UNDERPASS

---

***Low mobility medium-sized mammals***

- To encourage use from these species, structures should be designed for their body size. Small- and medium-sized mammals, particularly prey species, tend to use passages of a size that allow for their movement but may limit movement of their larger predators. In larger culverts (e.g., >4 ft (1.2 m) diameter circular or 4 ft x 4 ft [1.2 x 1.2 m] box culverts) the cover requirements of smaller fauna maybe met by placing pipes of varying diameter in the culvert that span the entire length.

***Small mammals – (same as above for Low mobility medium-sized mammals)***

***Reptiles – (same as above for Low mobility medium-sized mammals)***

**Possible if adapted**

***Carnivores***

- Fox2 – Species adapted to arid, open grassland habitats that generally experience high levels of mortality from roads and larger predators (e.g., Coyotes). Few documented cases of Foxes using a range of wildlife crossing sizes, but generally avoid them preferring to cross at grade-level. Design of culverts for these species should follow guidelines for *Low mobility medium-sized mammals* above. In larger structures (ca. 4 ft x 4 ft [1.2 x 1.2 m] culvert) artificial dens should be installed within structures and near entrances to provide escape cover for Swift/Kit Foxes generally shown in Figure 53.

***Semi-aquatic mammals***

- Mink, River Otter, Muskrats and other riparian-associated species may be reluctant to use a wildlife underpass unless riparian habitat is present or nearby. Efforts should be made to site underpass structure in most suitable habitat for these species.

***Amphibians***

- Not likely to use crossing structure unless located in migratory route or in general area where dispersal may occur. Efforts should be made to site underpass structure in known routes of seasonal migration, dispersal or other movement events for the target species.

**Not recommended or applicable**

***Ungulates***

- Moose, Elk, Deer, Pronghorn, Bighorn Sheep, Mountain Goat

***Carnivores***

- Black Bear, Grizzly Bear, Wolf, Cougar, Bobcat, Lynx, Wolverine

***Semi-arboreal mammals – all species.***

**Unknown – more data are required**

None

APPENDIX C – HOT SHEET 9: SMALL-TO-MEDIUM-SIZED MAMMAL UNDERPASS

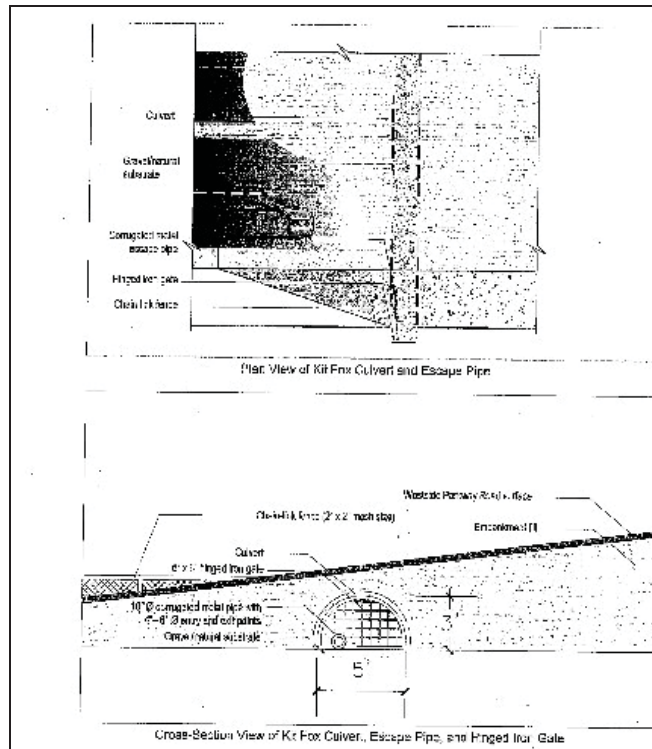


Figure 53. Schematic. Technical design plan for artificial kit fox den in culvert (Credit: US Fish and Wildlife Service).





## UNDERPASSES FOR SMALL VERTEBRATES

FILE 8

### Target species and groups

- Carnivores small and medium size as weasels, genet (*Genetta genetta*), etc. and lagomorphs (rabbits and hares).

### Other target groups

- Small mammals and reptiles, including chameleon (*Chamaleo chamaleon*) and tortoises. Also amphibians, if there is enough ambient moisture, proper fencing (see File 11) and microhabitats with the moisture required by this group.
- This type of underpass may be suitable for small bat species with agile, low flight, e.g., *Rhinolophus spp.*, *Myotis spp.* and *Plecotus spp.* (See File 22).
- It can also facilitate the passage of partridges and other running birds (see File 22).
- Not suitable for large carnivores or ungulates, although wild boar have become habituated to its use in some regions.

### Uses

- Exclusively for wildlife.

### Basic features and prescriptions

- Specific underpasses must be built for small and medium sized species beneath sections of road that require greater permeability for small vertebrates but do not have enough culverts that can be adapted for such fauna. These structures can also be built beneath roads already in operation in roadkill hotspots for valuable species that may use these types of underpass.
- Appropriate for road sections on embankments.
- Preferably built using box or rectangular frames, which provide a larger base than pipe structures.

### Dimensions

- Minimum: 2 x 2 m.
- These underpasses must be as short as possible. Therefore, they must be built perpendicular



Photo: M. Fernández Bou.

to the road whenever possible, and must not be more than 70 m long.

### Construction types

- Frame bridge, arch and box underpasses.

### Adaptation

#### Interior

- The underpass interior must be well drained in order to prevent flooding, even after periods of heavy rain, since the presence of a sheet of water is an impediment to many species. If seasonal flood periods are envisaged, the base of the structure must be adapted to include permanent dry strips at least 50 cm wide, (File 9).

#### Entrances

- Plantations and fences must be tied in with the underpass wings to funnel wildlife towards the entrance point (see File 12).
- To encourage use by bats, see recommendations in File 12.
- Underpass access should not be near or perpendicular to busy roads, as this hinders their use by wildlife and increases the risk of generating WVC hotspots.
- If the road infrastructure above the crossing carries heavy traffic, opaque screens must be installed at the top of the structure to reduce disturbance by vehicles.
- The material used for these screens must be extremely durable and have a low risk of damage by vandalism.

UNDERPASSES FOR SMALL VERTEBRATES

FILE 8

**Possible variations to the basic proposal**

- Rows of stones, tree stumps, logs or dry branches can be placed along the sides of the structure to provide shelter for small animals and facilitate its use.

**Maintenance**

- Proper fence installation and maintenance must be planned to ensure that any damage is detected and repaired.
- Regular maintenance work must be planned including the removal of rubbish, built-up sediment and other material that may block the crossing path.



Figure 8.1. Diagram of an underpass for small vertebrates.



Figure 8.2. Rows of dry branches provide shelter for small animals. Photo: P. Robles.



Figure 8.3. Iberian hare using a wildlife underpass. Photo: ADIF.



Figure 8.4. Correct installation of the fence makes the entrance easier to locate by fauna. Photo: M. Fernández Bou.



Figure 8.5. Underpass entrance-embankment integration. Photo: M. Fernández Bou.

## MODIFIED CULVERTS FOR TERRESTRIAL ANIMALS

FILE 9

### Target species and groups

- Potentially suitable for all types of wildlife, depending on size and also degree and frequency of water cover.
- Drains that are permanently covered with water and have lateral ledges are only suitable for small mammals and some carnivores, particularly semi-aquatic mustelids: European mink (*Mustela lutreola*) and otter, and also for marten (*Martes foina*) and genet.

### Other target groups

- Lagomorphs, small mammals, reptiles and amphibians, the latter if there is sufficient moisture and suitable fencing is installed (see File 11).
- If the culvert has the appropriate dimensions (see section 3.6) and is properly adapted, it can be used by ungulates and large carnivores (see also File 7). Lateral ledges or shelves are not suitable for ungulates.
- This type of structure may be suitable for small bat species with agile, low flight, e.g., *Rhinolophus spp.*, *Myotis spp.* and *Plecotus spp.* (see File 22).

### Uses

- Multi-use: Wildlife crossing and drainage.

### Basic features and prescriptions

- Drain adaptation is an effective way to facilitate the passage of small and medium sized vertebrates (particularly mammals) as these structures coincide with thalwegs and valleys that funnel the movements of many species. Furthermore, these structures are usually undisturbed by human presence.
- Drain adaptation is a particularly good practice for roads in Mediterranean regions, since torrential rainfall requires large structures which are completely dry for most of the year.
- Few changes are required to adapt them to facilitate fauna movement, basically the use of suitable material (corrugated steel is not compatible with fauna passage), lateral ledges must remain dry to prevent the structure from being completely flooded, and adaptation of the entrances (Figure 9.1).



Photo . C. Rosell.

- Structures with pits or manholes at one or both of the entrances are not adaptable to the passage of wildlife (see File 20).
- The water carrying capacity of the culvert must not be reduced by the adaptations.

### Dimensions

- The culvert dimensions depend on the water flow. They must have a minimum section of 2 x 2 m (or 2 m in diameter in the case of circular structures, which are less desirable) for adaptation to wildlife passage.
- In the case of habitat defragmentation projects for roads in operation, the adaptation of culverts less than 2 m width could be considered only when target species are mustelids (badger, European mink, otter, etc.).
- Minimum width of ledges: 0.5 m. Height defined by the ordinary flood level.
- Recommended slope of entrance ramps to lateral ledges: 30°. Maximum: 45°.
- Modified culverts must have at least the dimensions stipulated for multi-use underpasses (File 7) if they are to be used by ungulates.

### Construction types

- Frame bridge, arch or box underpasses. Pipe structures are less recommendable, but they can also be adapted.

### Adaptation

#### Interior

- If the base of the structure is expected to be covered by water permanently or for long peri-

## MODIFIED CULVERTS FOR TERRESTRIAL ANIMALS

## FILE 9

ods of time, two lateral platforms or ledges on either side of must be installed and remain dry, even in periods of peak flow, with a suitable connection with the surrounding habitat.

- In the case of culverts composed of several cells, the lateral ledges or platforms must be installed in the two outermost sections at least.
- Permanently flooded culverts can be adapted for large mammals by channelling the watercourse through the centre or side of the structure, as shown in File 7 (Figure 7.6).
- A flat base covered with concrete should be built in round drain pipes.

### Entrances

- The lateral ledges or dry sections with a natural base must be well connected to the surroundings at both ends. If the entrance is on a different level from the ground, access ramps must be built to connect the interior with the banks of the watercourse outside.
- To facilitate animal access from the surroundings into the structure, obstacles in the form of steps, undercuts etc. must be avoided. Stone riprap is one of the best resources to ensure continuity between the concrete base of the structure and the adjacent land. It also helps to prevent one of the common problems: gullies in the bed at the culvert outlet, which prevent or hinder animal movements.
- If the entrance is at the top of an embankment, the usual staggered outlets should be replaced by stone beds or more open lateral walls of the outlet to generate a 30° slope (Figures 9.7 and 9.8). Another option if none of the previous solutions is viable, is the construction of small ramps or platforms that allow animals using the structure to access the slopes easily.
- The installation of grids, rods or other elements that block the entry of plant debris and other objects to the culvert can hinder or completely stop the passage of animals. If they must be installed, they should be designed to permit entrance to the lateral ledges.
- Some mammal species, particularly semi-aquatic mustelids such as the European mink and otter, move along waterways and amongst the riparian vegetation that provides them with shelter. In or-

der to lead these animals towards the adapted culvert, there must be continuity between the entrance to the structure and the riparian vegetation (see File 12).

- Fences should be installed along the edges of the structure, with no discontinuity, and thus guide the wildlife towards the entrance (see File 12).
- To encourage use by bats, see recommendations in File 22.

### Possible variations to the basic proposal

- An alternative to the construction of lateral concrete ledges is the installation of raised platforms or shelves (e.g. in treated wood or precast concrete to ensure durability), set above the waterline and anchored to the walls or the top of the structure (Figures 9.2 C, 9.5 and 9.6).
- If an existing corrugated steel culvert must be adapted, its base must be fully rendered with concrete.
- In the case of habitat defragmentation projects on roads in operation, in which culverts that may be completely flooded are adapted for otters and European mink, two small dry pipes (up to 40 cm in diameter) can be installed at the top of both sides of the structure (Figure 9.2 D). This measure is not suitable for other species.
- In areas where watercourses undergo prolonged flooding, the lateral ledges should be constructed in the form of steps in order to remain operative and adapt to changes in the water level (Figure 9.2 B).

### Maintenance

- Proper fence installation and maintenance must be planned to ensure that any damage is detected and repaired.
- Regular maintenance work must be planned for these culverts including the removal of rubbish, built-up sediment and other material that may block the crossing path.

This monitoring is particularly necessary after floods.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

MODIFIED CULVERTS FOR TERRESTRIAL ANIMALS

FILE 9

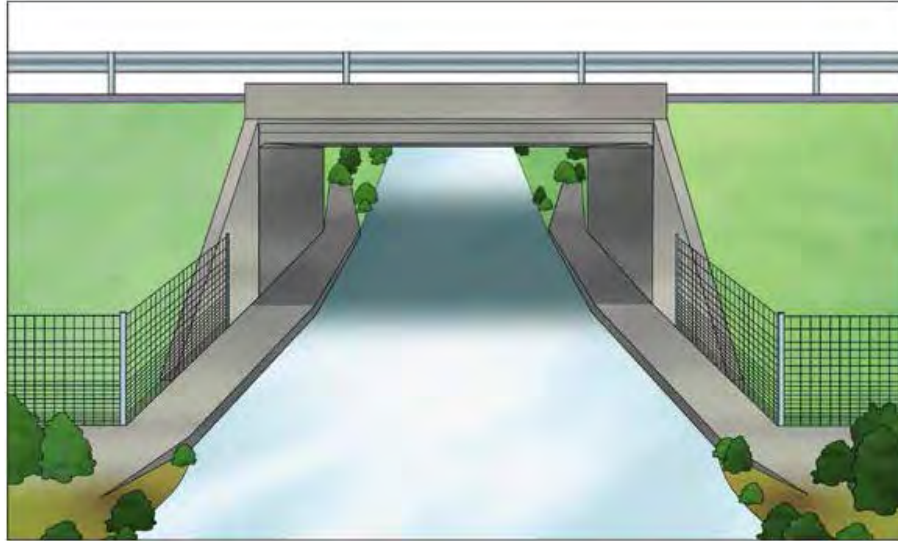


Figure 9.1. Diagram of a culvert adapted for terrestrial wildlife.

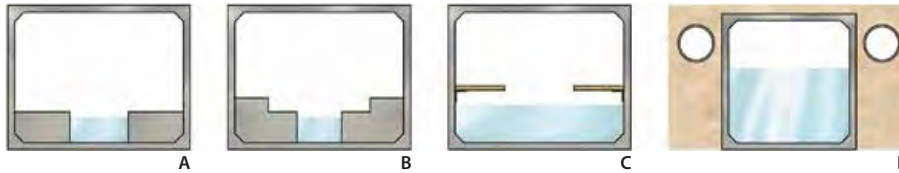


Figure 9.2. Cross sections of culverts with dry platforms. Lateral concrete ledges can have different heights if there are major variations in the water level (B). Platforms (C) allow culverts to be adapted without reducing their section. Option D is not recommended for general use. It is only applicable to facilitate use by the European mink and otter.



Figure 9.3. A ramp facilitates optimal connection between the dry ledges in the culvert and the surrounding natural habitats. Photo: H. Bekker.



Figure 9.4. Interior of a culvert with dry lateral ledges. Photo: F. Navàs.

SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES

MODIFIED CULVERTS FOR TERRESTRIAL ANIMALS

FILE 9



Figure 9.5. Platform that facilitates animal movement through a culvert. Photo: Development and Environment Department, Government of Castilla y León.



Figure 9.6. Otter using a ledge inside an adapted culvert. Photo: V. Hlavac.



Figure 9.7. Stone bed replacing a stepped culvert outlet. Photo: C. Rosell.



Figure 9.8. Protective culvert outlet on an embankment with sloping side walls adapted to facilitate movement by wildlife. Photo: C. Rosell.

Common bad practices and mistakes



Figure 9.9. Canal fences prevent animals from returning to the surroundings. Photo: F. Navàs.



Figure 9.10. Lack of ramps connecting the dry ledges with the adjacent areas. Photo: F. Navàs.



Figure 9.11. Stepped outlet: a trap for wildlife. Photo: F. Navàs.



## Introduction

- Semi-aquatic mustelids have a high value for biodiversity conservation, particularly the globally endangered European mink and the otter, both included in Annex IV of the Habitats Directive, which lists species of Community interest that require strict protection. The polecat (*Mustela putorius*), a species in decline in some parts of Spain, is also included in this group.
- Semi-aquatic mustelids are particularly sensitive to the effects of roads, and roadkill is the major anthropic cause of mortality, causing an estimated 60–90% of non-natural European mink deaths, depending on the region.
- These mustelids are associated with aquatic environments, rivers and riparian ecosystems. Roadkill hotspots are often points where roads intersect watercourses and drainage infrastructure (rivers, streams, canals, irrigation ditches, etc.). This is because individuals travel along riparian vegetation, and instead of trying to swim across the watercourse when they reach a completely flooded culvert, they usually go onto the road.
- In order to mitigate this source of mortality, culverts must be adapted by incorporating ledges for these animals above the water level and the revegetation at the entrance must be redesigned to guide them towards the mouth.

## Suitable crossing structures for semi-aquatic mustelids

- Modified viaducts are optimal on road sections that cross rivers and larger watercourses, as they allow the aquatic and riparian habitats to be preserved (see File 5). It is important to maintain the shape of the banks, the continuity of the riparian vegetation and dry strips on both sides, even during floods.
- Culvert adaptation (see File 9) can be a solution with optimum cost-effectiveness in other situations. Drains with a section of at least 2 x 2 m must be used when adapting culverts for wildlife passage. In the case of habitat defragmentation projects for roads in service, the adaptation of drains less than 2 m wide can be considered only if they are intended for mustelids (badger, otter, etc.).
- This adaptation basically consists of installing ledges on each side of the structure interior with a minimum width of 0.5 m that will remain dry, even in periods of peak flow, and creating suitable connections with the surrounding natural environment. These ledges can be concrete plat-



Photo: A. Gómez.

forms, walkways (see File 9) or raised platforms anchored to the wall or the top of the structure (Figures 9.5 and 9.6).

- In areas where watercourses are flooded for long periods, the lateral ledges must be stepped in order to ensure their effectiveness and adaptation to changing water levels (Figure 9.2).
- In the case of habitat defragmentation projects for roads in service involving culverts that may be completely flooded, two dry pipes with a small diameter (up to 40 cm) can be installed inside the structure at the top on both sides (Figure 9.2).
- The dry lateral ledges must be connected to the natural surroundings around both ends of the crossing. If they are on different levels from the ground, access ramps should be built to connect the crossing interior to the banks of the watercourse. Continuous strips of riparian vegetation must also be maintained to ensure that the animals are led directly to the modified culvert entrance (Figures 9.3 and 12.4).

## Measures to prevent road encroachment by semi-aquatic mustelids

- The fence types normally used to prevent small vertebrates from entering roads may not be suitable for semi-aquatic mustelids. Specific fences for European mink or otter, depending on the requirements, should be installed at envisaged hotspots (see File 14).
- Shrubs and creepers that might connect the wildlife crossing entrances to the roadside must be removed from unfenced road verges (see File 12 and Figure 12.8) in order to prevent these patches of vegetation from leading animals towards sections with high roadkill risk.

### I.3 Exemple du ARC Solutions

## Concours International de Conception de Passages fauniques ARC

**Comment Améliorer La Construction Des Passages Fauniques**

Pour les planificateurs en transports, la réduction des systèmes de transport de surface dans le but d'en limiter les impacts négatifs sur la mortalité des espèces sauvages et sur la connectivité de l'habitat représente un enjeu de taille. Les passages fauniques (supérieurs ou inférieurs) munis de clôtures de protection constituent une solution efficace à ces problèmes. Partout dans le monde, l'implantation de telles structures a été couronnée de succès. En moyenne, cette méthode réduit les collisions d'environ 80 % à 90 %, et elle permet, tant aux grands mammifères qu'aux petites et moyennes espèces, de se déplacer en toute sécurité. Bien que la construction de passages inférieurs coûte moins cher, les passages supérieurs demeurent nécessaires, car de nombreuses espèces les préfèrent. Or, le coût des passages supérieurs est élevé. De plus, ce nouveau type d'infrastructure n'avait jamais fait l'objet d'une conception ciblée auparavant. C'est pourquoi nous avons organisé le concours international de conception de passages fauniques (ARC). Rassemblant des équipes

de spécialistes issus des domaines de l'écologie, des transports, de l'ingénierie, de l'architecture et de l'aménagement paysager, cette initiative visait à aguilonner la prochaine génération de passages fauniques. Axé sur l'innovation, ce concours avec jury cherchait des modèles concluants, réalisables et sensibles au contexte en vue de la construction de passages fauniques sécuritaires, efficaces, économiques et adaptés sur le plan écologique. Représentant plus de cent entreprises à l'échelle mondiale, trente-six équipes provenant de neuf pays différents y ont participé. L'annonce du modèle gagnant, soit le projet proposé par HNTB en collaboration avec Michael Van Valkenburgh & Associates, a été faite durant un atelier organisé par ARC dans le cadre de la 90<sup>e</sup> assemblée générale annuelle du conseil d'administration de la recherche sur les transports (TRB), qui a eu lieu en janvier 2011 à Washington, D.C.



L'ARC a financé, approuvé et a permis de construire. L'ARC a financé, approuvé et a permis de construire le passage pour la amphibie en fonction des spécifications de la route. Pour améliorer la connectivité entre les habitats, les constructeurs ont permis de construire et ont installé des clôtures de protection.



L'équipe gagnante HNTB en collaboration avec Michael Valkenburgh and Associates



HNTB en collaboration avec Michael Van Valkenburgh & Associates | New York

**Ce concours démontre que nous possédons le savoir-faire et l'expertise techniques voulus pour relever les défis liés à la conception de telles structures et instaurer des pratiques de survie de pointe. Il nous faut maintenant le leadership politique, économique et social pour concrétiser ces designs. — Charles Waldheim, président du Jury ARC**



L'ARC a financé, approuvé et a permis de construire. L'ARC a financé, approuvé et a permis de construire le passage pour la amphibie en fonction des spécifications de la route. Pour améliorer la connectivité entre les habitats, les constructeurs ont permis de construire et ont installé des clôtures de protection.

[www.arc-competition.com](http://www.arc-competition.com) | 406 994-6423



ARC

**ANNEXE J**  
**RÉUNION DE PARTAGE D'EXPERTISE SUR**  
**LA CONNECTIVITÉ DES HABITATS TERRESTRES**  
**AUX ABORDS DES CORRIDORS ROUTIERS ET**  
**LES COLLISIONS AVEC LA FAUNE**

---

## Réunion de partage d'expertise sur la connectivité des habitats terrestres aux abords des corridors routiers et les collisions avec la faune /

### Meeting for sharing experiences regarding habitat connectivity in relation to road corridors and wildlife-vehicle collisions

#### Ordre du jour pour le 8 décembre, Ville de Québec / Schedule for December 8th, Quebec City

Version du 2 décembre 2016 / Version of December 2nd, 2016

- 8h30 [Arrivée au bâtiment de Transports Québec \(MTMDET\) /](#)  
[Arrival at Transports Québec building \(5353, Bd Pierre Bertrand, G2K 1M1, salle](#)  
[Gérald Dubé\)](#)
- 8h45 Martin LaFrance, MTMDET, QC **Mot de bienvenue et mise en contexte de la  
rencontre /**  
**Welcome and context of today's meeting**
- 9h00 [Présentation des participants / Round of introduction of participants](#)
- 9h15 Jochen Jaeger, Université Concordia Montréal, QC (20' + 10')<sup>1</sup> **Mesures d'atténuation pour les mammifères de  
petite et moyenne taille le long de la route 175 :  
résultats et recommandations principales /**  
**Road mitigation measures for small and medium-  
sized mammals along Highway 175 in Quebec:  
Main results and recommendations**
- 9h45 Greg Quinn & Brian Sorensen, Nouveau-Brunswick (20' + 10') **Qui doit avoir le droit de passage, l'animal  
sauvage ou le conducteur d'un véhicule  
motorisé? /**  
**Wildlife versus Motorist – Who has the Right-of-  
Way?**
- 10h15 [Pause / Break \(20 min\)](#)
- 10h35 Chris Slesar, Vermont (20' + 10') **Un changement de mentalité survient à la  
Vermont Agency of Transportation : rendre le  
sujet des franchissements routiers qui autrefois  
paraissait marginal en une pratique courante /**  
**Culture Change at the Vermont Agency of  
Transportation: Turning the once fringe topic of  
wildlife road crossings into standard practice**

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses sont en minutes : le 1<sup>er</sup> est la durée de la présentation et le 2<sup>e</sup> est le temps accordé aux questions. / The numbers are in minutes. The first indicates the length of the presentation and the second the time for questions.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

- |                                                                                                                        |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11h05                                                                                                                  | James Brady, Vermont<br>(20' + 10')                                     | <p><b>Éliminer les frontières géographiques par l'entremise de partenariats public-privé : de quelle façon la <i>Vermont Agency of Transportation</i> peut faciliter, à l'intérieur comme à l'extérieur de ses frontières, la connectivité régionale avec l'habitat faunique /</b></p> <p><b>Breaking Down Geographic Boundaries Through Public-Private Partnerships: How the Vermont Agency of Transportation is able to help regional wildlife connectivity inside and outside of Vermont's borders</b></p> |
| 11h35                                                                                                                  | Richard Bostwick,<br>MaineDOT<br>(20' + 10')                            | <p><b>Utilisation par la faune des ouvrages d'art routier aménagés au Maine : expérience acquise et plans d'avenir /</b></p> <p><b>Use of Highway Structures by Wildlife in Maine – Past Experience, Future Plans /</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12h05 <b>Dîner / Lunch (60 min)</b>                                                                                    |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13h05                                                                                                                  | Tom Langen, Clarkson<br>University, Potsdam,<br>New York<br>(20' + 10') | <p><b>Rendre les réseaux routiers moins menaçants pour les tortues : de la planification à la mise en place d'une mesure d'atténuation /</b></p> <p><b>Making Road Networks Less Unfriendly to Turtles: From Planning to Mitigation /</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13h35                                                                                                                  | Ed Frantz, New York<br>State DOT<br>(20' + 10')                         | <p><b>Transports et connectivité des habitats dans l'État de New York, l'accent est mis sur les applications pratiques dans le parc des Adirondacks /</b></p> <p><b>Transportation and Habitat Connectivity in NY, with an Emphasis on Applications in the Adirondack Park</b></p>                                                                                                                                                                                                                            |
| 14h05                                                                                                                  | Brenda Carruthers, ON<br>(20' + 10')                                    | <p><b>La planification et la mise en œuvre de mesures d'atténuation pour des espèces menacées en Ontario /</b></p> <p><b>Wildlife Mitigation Planning and Implementation for Species at Risk in Ontario</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 14h35 <b>Pause / Break (20 min)</b>                                                                                    |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 14h55                                                                                                                  | Mandy Karch, OREG<br>(15' + 5')                                         | <p><b>L'écologie routière en Ontario : le passé, le présent et l'avenir /</b></p> <p><b>Road Ecology in Ontario: Past, Present &amp; Future</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 15h15 <b>Table ronde de discussion (entre tous les participants) / Round table discussion (among all participants)</b> |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 16h30 <b>Fin / end</b>                                                                                                 |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

*Interprètes / interpreters:*

François Hébert, L'Odyssee, formations en traductique, <http://www.lodyssee-formations.com> et / and Valérie Anne Donnelly, Services linguistiques.

**SUIVI DE L'UTILISATION ET DE L'EFFICACITÉ DES PASSAGES À FAUNE LE LONG DE  
LA ROUTE 175 POUR LES PETITS ET MOYENS MAMMIFÈRES**

Liste des participants à la rencontre de partage d'expertise du 8 décembre 2016

<b>Nom</b>	<b>Organisation</b>	<b>Précision origine</b>	<b>Courriel</b>
Brenda Carruthers	MTO	Ontario	Brenda.Carruthers@ontario.ca
Brian Sorensen	NBDTI	Nouveau-Brunswick	Brian.Sorensen@gnb.ca
Carl Dufour	MTMDET	DER-SENV	Carl.Dufour@transport.gouv.qc.ca
Caroline Daguét	Corridor Appalachien	Estrie	caroline.daguét@corridorappalachien.ca
Chris Slesar	VTrans	Vermont	Chris.Slesar@vermont.gov
Ed Frantz	NYS DOT	New York	Ed.Frantz@dot.ny.gov
Éric Alain	MTMDET	DCNAT	Eric.Alain@transport.gouv.qc.ca
Greg Quinn	NBDTI	Nouveau-Brunswick	Greg.Quinn@gnb.ca
Guillaume Lapierre	MTMDET	DER-SENV	Guillaume.Lapierre@transport.gouv.qc.ca
Isabelle Slevan-Tremblay	MTMDET	DCNAT	Isabelle.Slevan-Tremblay@transport.gouv.qc.ca
James Brady	VTrans	Vermont	James.Brady@vermont.gov
Jean-François Dumont	MFFP	Cap-Nat&Chaud-App	jean-francois.dumont@mffp.gouv.qc.ca
Jérôme Guay	MTMDET	DCNAT	Jerome.Guay@transport.gouv.qc.ca
Jessica Levine	TNC Canada	Montréal	jlevine@TNC.ORG
Jochen Jaeger	Univ. Concordia	Chercheur	jochen.jaeger@concordia.ca
Jonathan Côté	MTMDET	DBGI	Jonathan.Cote@transport.gouv.qc.ca
Julie Boucher	MTMDET	DER-SENV	Julie.Boucher@transport.gouv.qc.ca
Mandy Karch	OREG	Ontario	mandykarch@hotmail.com
Marc-André Larose	MTMDET	DMCQ	Marc-Andre.Larose@transport.gouv.qc.ca
Marie-Lou Coulombe	MDDELCC	DEE projets terrestres	marie-lou.coulombe@mddelcc.gouv.qc.ca
Martin Lafrance	MTMDET	DCNAT	Martin.Lafrance@transport.gouv.qc.ca
Michel Michaud	MTMDET	DER-SCRI	Michel.Michaud@transport.gouv.qc.ca
Pierre-Michel Vallée	MTMDET	DCA	Pierre-Michel.Vallee@transport.gouv.qc.ca
Richard Bostwick	MaineDOT	Maine	Richard.Bostwick@maine.gov
Sonia De Bellefeuille	MFFP	Direction gestion des...	Sonia.DeBellefeuille@mffp.gouv.qc.ca
Stephen Blechschmidt	NBDTI	Nouveau-Brunswick	Stephen.Blechs Schmidt@gnb.ca
Tom Langen	Clarkson University	New York	tlangen@clarkson.edu
Valérie Saint-Amant	MDDELCC	DEE projets terrestres	valerie.saint-amant@mddelcc.gouv.qc.ca
Yohann Dubois	MFFP	Direction de la conservation de...	Yohann.Dubois@mffp.gouv.qc.ca
Yves Leblanc	AECOM	Concepteur	yves.leblanc@aecom.com