

# Clôtures et passages fauniques pour les petits et moyens mammifères le long de la route 175 au Québec : quelle est leur efficacité ?

Jochen A. G. Jaeger, Ariel G. Spanowicz, Jeff Bowman et Anthony P. Clevenger

Volume 143, numéro 1, hiver 2019

Colloque sur l'écologie routière et l'adaptation aux changements climatiques : de la recherche aux actions concrètes

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1054120ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1054120ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

ISSN

1929-3208 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Jaeger, J. A. G., Spanowicz, A. G., Bowman, J. & Clevenger, A. P. (2019). Clôtures et passages fauniques pour les petits et moyens mammifères le long de la route 175 au Québec : quelle est leur efficacité ? *Le Naturaliste canadien*, 143(1), 69–80. <https://doi.org/10.7202/1054120ar>

Résumé de l'article

Au Québec, certains des premiers passages fauniques pour les petits et moyens mammifères ont été installés lors de l'élargissement de la route 175. L'efficacité de 18 structures et des clôtures près de leur entrée a été évaluée grâce à un suivi continu par des caméras de surveillance et des enquêtes sur les animaux frappés par les véhicules au cours des étés de 2012 à 2015. La plupart des espèces ont utilisé plus souvent les ponceaux secs en béton et ceux avec pied sec de type tablette de bois installée en porte-à-faux que les ponceaux avec pied sec de type tablette de béton. Il y a eu significativement plus de mortalité routière animale aux extrémités des clôtures que dans les tronçons de route clôturés et ceux non clôturés. La mortalité routière animale était moindre dans les tronçons de route clôturés (et aux extrémités de clôtures correspondantes) où la faune utilisait plus souvent les structures. Bien qu'en général, les passages installés aient été couronnés de succès, plusieurs espèces utilisent peu ou pas ces structures, et des améliorations sont nécessaires. Nous présentons plusieurs recommandations visant à améliorer l'atténuation de l'impact des routes sur la faune, ainsi que de futurs programmes de suivi et de recherche.

# Clôtures et passages fauniques pour les petits et moyens mammifères le long de la route 175 au Québec: quelle est leur efficacité ?

Jochen A.G. Jaeger, Ariel G. Spanowicz, Jeff Bowman et Anthony P. Clevenger

## Résumé

Au Québec, certains des premiers passages fauniques pour les petits et moyens mammifères ont été installés lors de l'élargissement de la route 175. L'efficacité de 18 structures et des clôtures près de leur entrée a été évaluée grâce à un suivi continu par des caméras de surveillance et des enquêtes sur les animaux frappés par les véhicules au cours des étés de 2012 à 2015. La plupart des espèces ont utilisé plus souvent les ponceaux secs en béton et ceux avec pied sec de type tablette de bois installée en porte-à-faux que les ponceaux avec pied sec de type tablette de béton. Il y a eu significativement plus de mortalité routière animale aux extrémités des clôtures que dans les tronçons de route clôturés et ceux non clôturés. La mortalité routière animale était moindre dans les tronçons de route clôturés (et aux extrémités de clôtures correspondantes) où la faune utilisait plus souvent les structures. Bien qu'en général, les passages installés aient été couronnés de succès, plusieurs espèces utilisent peu ou pas ces structures, et des améliorations sont nécessaires. Nous présentons plusieurs recommandations visant à améliorer l'atténuation de l'impact des routes sur la faune, ainsi que de futurs programmes de suivi et de recherche.

**MOTS CLÉS :** collisions véhicules-faune, écologie routière, efficacité des mesures d'atténuation, mesures d'atténuation le long des routes, mortalité routière

## Abstract

Some of the first designated wildlife passages for small and medium-sized mammals in the province of Québec (Canada) were installed during the widening of the highway Route 175. The effectiveness of 18 passages and short fences on either side of the entrances was evaluated through continuous camera monitoring and roadkill surveys conducted over 4 summers (2012-2015). Most mammal species used concrete pipe culverts and wooden ledge culverts more often than concrete ledge culverts. Roadkill was significantly greater at fence ends than within fenced and unfenced sections, and was less in those fenced road sections (and around the associated fence ends) where wildlife passages were more frequently used. While the passages were successful in general, several species only used the passages infrequently or not at all, and further improvements are needed. Several recommendations are made concerning ways to improve the mitigation of the impact of roads on wildlife, and future monitoring and research.

**KEYWORDS:** mitigation effectiveness, road ecology, road mitigation, traffic mortality, wildlife-vehicle collisions

## Mise en contexte et objectifs

À mesure que la biodiversité diminue à l'échelle mondiale (Tittensor et collab., 2014), le développement des routes se poursuit à travers le monde, ce que Laurance et collab. (2017) appellent un « tsunami d'infrastructures ». Par conséquent, les biologistes de la faune, les ingénieurs en génie civil, le grand public, les planificateurs et les décideurs sont de plus en plus préoccupés par les effets néfastes des routes et de la circulation routière sur les populations fauniques. Des mesures d'atténuation efficaces de l'impact des routes sur la faune sont indispensables, tant pour enrayer le déclin de la biodiversité, qui fait partie des objectifs de biodiversité internationaux d'Aichi établis par la Convention sur la diversité biologique (Tittensor et collab., 2014) que pour assurer le maintien à long terme des services écosystémiques essentiels. Les routes et le trafic routier ont de graves effets (dont la mortalité routière animale) sur de nombreuses populations fauniques; ils constituent des obstacles au déplacement des animaux et réduisent la quantité et la qualité d'habitats disponibles (Jaeger et collab., 2005).

Ces effets peuvent avoir de graves conséquences sur les processus écologiques et les populations fauniques :

*Jochen Jaeger est professeur agrégé au Département de géographie, urbanisme et environnement de l'Université Concordia. Ses travaux portent sur la fragmentation du paysage, l'écologie routière et l'étalement urbain.*

*jochen.jaeger@concordia.ca*

*Ariel Spanowicz est assistante de recherche dans le laboratoire du Dr Jaeger au Département de géographie, urbanisme et environnement de l'Université Concordia. Elle a complété son baccalauréat en géographie environnementale avec mention en 2016 et a commencé ses études de maîtrise à l'École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ) à l'automne 2018.*

*ariel.spanowicz@gmail.com*

*Jeff Bowman est chercheur au ministère des Ressources naturelles et des Forêts de l'Ontario et professeur adjoint à l'Université Trent, à Peterborough. Ses recherches portent sur l'écologie des populations fauniques et l'écologie à l'échelle du paysage.*

*Jeff.Bowman@ontario.ca*

*Anthony P. Clevenger est chercheur au Western Transportation Institute du Montana State University (Bozeman, Montana). Il a été responsable des études à long terme évaluant l'impact des routes sur la faune terrestre et l'efficacité des mesures d'atténuation conçues afin de réduire la fragmentation des habitats fauniques.*

*apclevenger@gmail.com*

vulnérabilité accrue des populations, déséquilibres entre les sexes, taux de reproduction plus faibles, flux génétiques réduits, changements dans la composition des communautés animales et perte de biodiversité (van der Ree et collab., 2015). Plusieurs de ces conséquences présentent un délai de réponse, c'est-à-dire un décalage dans l'effet observable, qui peut prendre plusieurs années ou plusieurs décennies (Findlay et Bourdages, 2000). Par conséquent, leur importance est souvent sous-estimée dans le processus décisionnel en amont de la construction des routes. Cependant, des mesures d'atténuation de ces impacts sont plus souvent mises en place ces dernières années, du moins dans une certaine mesure (Rytwinski et collab., 2016).

La route 175 relie les villes de Québec et de Saguenay, dans la province de Québec, au Canada. Environ deux tiers de la longueur totale de la route (soit 133 km sur 210 km) traversent la réserve faunique des Laurentides (RFL), et une grande partie de son tracé longe le parc national de la Jacques-Cartier (PNJC) (figure 1). Cette route a été élargie de 2 à 4 voies entre 2006 et 2011. La construction comprenait 33 passages fauniques inférieurs pour les mammifères de petite et de moyenne taille, installés sous la route 175, entre les kilomètres 60 et 144. Des clôtures pour les mammifères de taille moyenne ont été installées de part et d'autre de chaque entrée de ponceau pour guider les animaux qui s'approchaient de la route vers ces structures de passage et les empêcher de traverser les voies de circulation. Ces clôtures s'étendent sur environ 100 m de part et d'autre de chaque ponceau, mesurent 90 cm de haut, présentent des mailles en acier de 6 cm × 6 cm et sont enterrées dans le sol. Ces structures figurent parmi les premiers passages fauniques conçus pour les mammifères de petite et de moyenne taille au Québec.

La martre d'Amérique (*Martes americana*) présente un intérêt particulier, car elle a une valeur économique considérable pour les trappeurs dans la RFL, en plus d'être une espèce attrayante et charismatique aux yeux du public. C'est un carnivore très territorial qui évite les milieux ouverts. L'espèce sert aussi d'indicateur de l'état de la forêt boréale.

Le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports du Québec (MTMDET) a réuni une équipe de chercheurs afin d'évaluer l'efficacité des clôtures et des structures de passage faunique. Le projet de recherche, lancé en 2012 et achevé en 2017, avait trois objectifs principaux :

1. caractériser les sites et les taux de collision entre les véhicules et les mammifères de petite et de moyenne taille et comparer les taux de mortalité routière animale entre les tronçons de route avec et sans mesures d'atténuation d'impacts sur la faune;
2. mesurer l'efficacité des quatre types de structures de passage faunique conçues pour les mammifères de petite et de moyenne taille et réparties entre les kilomètres 60 et 144 de la route;
3. évaluer si les mesures d'atténuation assurent une perméabilité adéquate de la route pour la martre d'Amérique, tant pour les individus que le flux génétique.

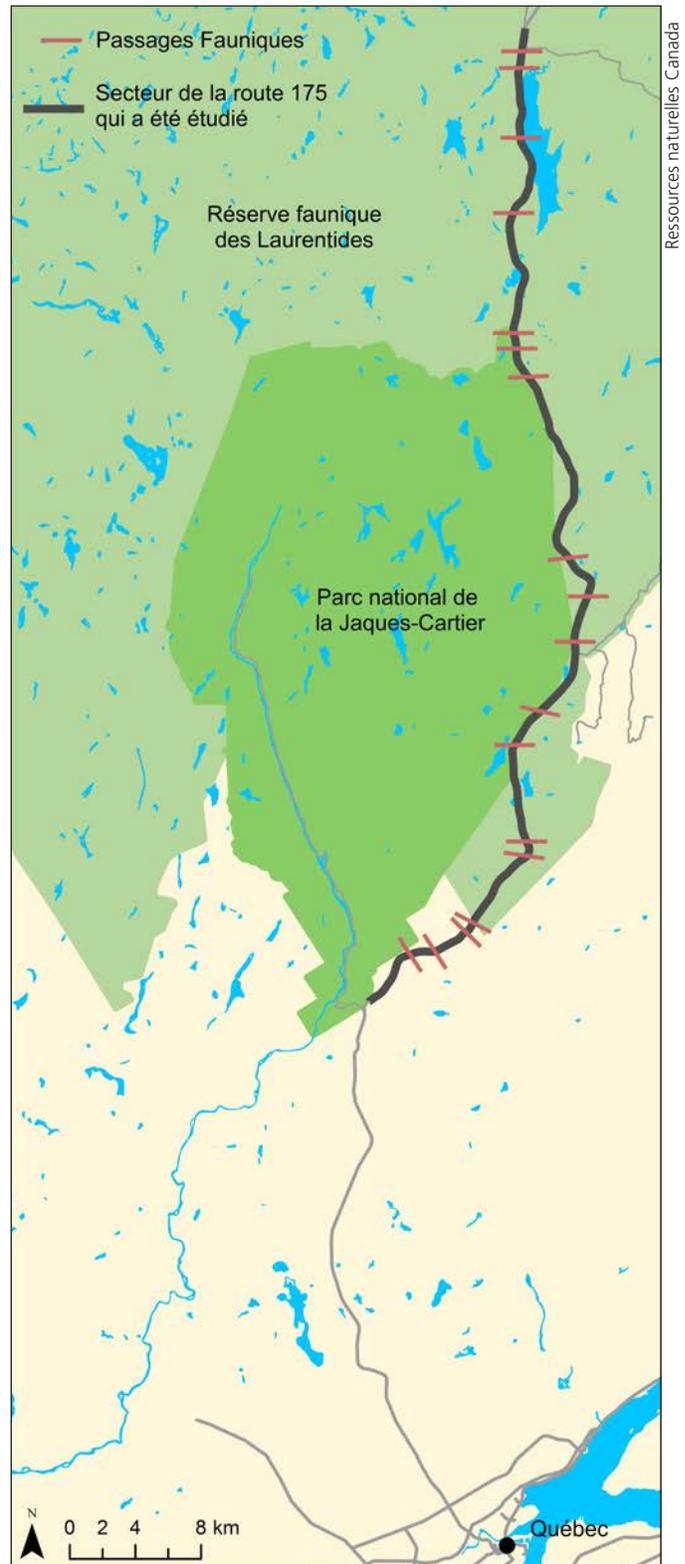


Figure 1. Emplacement des 18 structures de passage faunique suivies par le projet de recherche le long de la route 175 entre 2012 et 2015.

Quatre types de structures de passage faunique conçues pour les mammifères de petite et de moyenne taille le long de la route 175 ont été installés (figure 2) :

- Ponceau sec (PS), ou tuyau circulaire : tuyau de béton armé (TBA) ou en polyéthylène de haute densité (PEHD), généralement d'un diamètre de 600 ou 900 mm (figure 2a).
- Ponceau avec 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 après sa construction (figure 2b).
- Ponceau avec pied sec de type tablette de béton (PTBét) : le ponceau présente sur un côté une tablette de béton, intégrée dès l'étape de conception et située plus haut au-dessus de l'eau que le trottoir de béton du PBBét (figure 2c).

- Ponceau avec banquette de béton (PBBét) : le ponceau présente sur un côté une banquette de béton, intégrée dès l'étape de conception d'origine, et située plus bas que la tablette de béton du PTBét (figure 2d).

Le présent article est un résumé du rapport final d'un projet de recherche de 4 ans (Jaeger et collab., 2017). Cette synthèse se concentre sur les aspects appliqués de la recherche et sur les recommandations les plus pertinentes pour la planification des routes, la conservation des milieux naturels, l'évaluation des impacts environnementaux et le processus décisionnel. Elle comporte donc moins de détails méthodologiques et exclut aussi les tableaux de résultats statistiques. Ainsi, pour certains types de détails et de résultats moins élaborés ici, les lecteurs sont encouragés à se référer au rapport complet (Jaeger et collab., 2017) et aux articles connexes évalués par des pairs (p. ex. Martinig et Bélanger-Smith, 2016; Plante et collab., sous presse; et Spanowicz et collab., en préparation).



Figure 2. Quatre types de passages fauniques conçus pour les mammifères de petite et de moyenne taille le long de la route 175 : (a) ponceau sec (PS) ou tuyau circulaire ( $n = 6$ ); (b) ponceau avec tablette de bois installée en porte-à-faux (PTBois) ( $n = 4$ ); (c) ponceau avec pied sec de type tablette de béton (PTBét) ( $n = 7$ ); (d) ponceau avec banquette de béton (PBBét) ( $n = 1$ ).

## Méthodologie

### Mortalité routière animale

Des tronçons de route avec et sans mesures d'atténuation d'impacts sur la faune (c.-à-d. pourvus ou non de structures de passage faunique associées à des clôtures) ont été étudiés afin de quantifier la mortalité routière des mammifères de petite et de moyenne taille (Bélanger-Smith, 2015; Plante, 2016). Les relevés ont été réalisés pendant 4 étés de 2012 à 2015 (juin à septembre) et groupés en séances de 2 semaines (10 séances en 2012, 9 en 2013, 8 en 2014 et 7 en 2015).

Au cours de chaque séance de 2 semaines, les chercheurs ont parcouru des tronçons de route pendant 3 soirs consécutifs (juste avant le coucher du soleil); après une interruption d'un jour, les relevés ont repris pendant 6 matins consécutifs (juste après le lever du soleil). Au total, 306 relevés sur la mortalité routière ont été réalisés. Afin d'évaluer la probabilité de détection de la mortalité routière animale, 45 relevés (28 en 2014 et 17 en 2015) ont été effectués avec 2 véhicules indépendants au lieu d'un seul, et ce, à 20 minutes d'intervalle (voir Jaeger et collab. 2017, p. 58-61 ou Plante et collab. [sous presse] pour plus de détails à propos des calculs concernant la probabilité de détection).

### Efficacité des structures de passage faunique

En 2012, au début de l'étude, la construction de 18 structures de passage faunique conçues pour les mammifères de petite et de moyenne taille (et associées à des clôtures directionnelles) était complétée, tandis que 15 autres étaient encore en construction. L'étude s'est penchée sur le tronçon routier comprenant les 18 premières structures de passage faunique (figure 1).

Des caméras Reconyx HC 600 à déclenchement automatique par le mouvement ont été installées à l'entrée de chaque ponceau et orientées vers l'intérieur de ceux-ci, afin de documenter l'utilisation de ces structures par la faune en continu (24 h par jour, toute l'année) de la fin mai 2012 à la fin août 2015 (figure 3). Elles étaient paramétrées pour prendre une série de 5 photos à chaque déclenchement. L'utilisation de chaque structure par la faune a été quantifiée et analysée statistiquement afin de comparer les différents types de structures entre elles et de déterminer leur efficacité (voir Jaeger et collab., 2017 et Martinig et Bélanger-Smith, 2016 pour plus de détails).



Figure 3. Photos prises à l'intérieur des structures de passage faunique le long de la route 175: a) renard roux avec renardeau; b) moufette rayée; c) porc-épic d'Amérique; d) lièvre d'Amérique.

### Perméabilité de la route à la martre d'Amérique

Pour évaluer la perméabilité de la route 175 pour la martre d'Amérique, la radio télémétrie VHF, la capture-marquage-recapture, les photographies prises avec caméras numériques dans les structures de passage faunique et une analyse génétique ont été combinées (voir Jaeger et collab., 2017, p. 73-83 pour plus de détails). Une route à 2 voies a été choisie comme site de contrôle (route 381, Charlevoix). Nous avons comparé la parenté génétique des martres capturées d'un côté de la route avec celles capturées de l'autre côté, et avons comparé les résultats pour la route à 4 voies (route 175) et celle à 2 voies (route 381). Si la route 175 n'a aucun effet sur la dispersion et le flux génétique de la martre d'Amérique, on pourrait s'attendre à : a) une panmixie, où il n'existe pas de patron génétique, ou b) un isolement par distance seulement, où la différence génétique s'accroît avec la distance

géographique parce que les individus se reproduisent avec leurs voisins. Cependant, si la route influence la dispersion de la martre, on peut s'attendre à un isolement par résistance, c'est-à-dire une relation entre la présence de la route, la distance euclidienne et le flux génétique, où les zones hautement résistantes au déplacement entravent le flux génétique.

Par ailleurs, afin d'évaluer l'utilisation des ponceaux de drainage ordinaires par la martre d'Amérique, des caméras ont été installées dans 9 ponceaux de drainage le long de la route 381 pendant 72 jours et dans 11 ponceaux de drainage le long de la route 175 pendant 260 jours.

### Résultats

#### Mortalité routière animale

Un total de 893 carcasses de mammifères de petite et de moyenne taille ont été détectées, appartenant à 13 espèces ou groupes taxonomiques distincts. Aucune de ces espèces n'était en

**Tableau 1. Nombre total d'animaux morts détectés sur la route 175 pendant les mois d'été de 2012 à 2015, par espèce et par année – suivi de la mortalité routière animale par Bélanger-Smith (2015) et Plante (2016).**

	2012	2013	2014	2015	Total
<b>Nombre de relevés</b>	90	81	72	63	306
<b>Espèce :</b>					
Porc-épic d'Amérique ( <i>Erethizon dorsatum</i> )	94	112	81	87	374
Petit mammifère non identifié	40	15	27	20	102
Mammifère non identifié	18	23	16	10	67
Renard roux ( <i>Vulpes vulpes</i> )	19	15	12	6	52
Marmotte commune ( <i>Marmota monax</i> )	8	9	19	11	47
Souris (espèce indéterminée)	40	3	2	1	46
Moufette rayée ( <i>Mephitis mephitis</i> )	14	18	4	6	42
Lièvre d'Amérique ( <i>Lepus americanus</i> )	16	10	9	6	41
Campagnols et campagnols-lemmings ( <i>Arvicolinae</i> )	27	1	2	3	33
Musaraigne ( <i>Sorex</i> sp.)	19	3	6	3	31
Écureuil roux d'Amérique ( <i>Tamiasciurus hudsonicus</i> )	9	3	2	5	19
Raton laveur ( <i>Procyon lotor</i> )	9	1	2	0	12
Souris sauteuse ( <i>Zapus hudsonius</i> / <i>Napaeozapus insignis</i> )	5	2	0	2	9
Castor du Canada ( <i>Castor canadensis</i> )	1	5	0	2	8
Belette ou hermine ( <i>Mustela</i> sp.)	1	2	0	0	3
Lynx du Canada ( <i>Lynx canadensis</i> )	0	0	1	1	2
Grand polatouche ( <i>Glaucomys sabrinus</i> )	2	0	0	0	2
Martre d'Amérique ( <i>Martes americana</i> )	0	0	0	1	1
Vison d'Amérique ( <i>Neovison vison</i> )	1	0	0	0	1
Condylure étoilé ( <i>Condylura cristata</i> )	0	0	0	1	1
Loup gris ( <i>Canis lupus</i> )	0	0	0	0	0
Loutre de rivière ( <i>Lontra canadensis</i> )	0	0	0	0	0
Pékan ( <i>Martes pennanti</i> )	0	0	0	0	0
Rat musqué commun ( <i>Ondatra zibethicus</i> )	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>323</b>	<b>222</b>	<b>183</b>	<b>165</b>	<b>893</b>

situation précaire au Québec. Le porc-épic d'Amérique (*Erethizon dorsatum*) était l'espèce la plus souvent observée. Il était suivi du renard roux (*Vulpes vulpes*), de la marmotte commune (*Marmota monax*), de la moufette rayée (*Mephitis mephitis*) et du lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) (tableau 1).

Le nombre réel d'animaux tués sur la route est beaucoup plus élevé que le nombre de carcasses détectées, car :

- la probabilité de détection de la mortalité routière animale est inférieure à 100 % : la probabilité globale de détection de la mortalité routière pour toutes les espèces était de 72 %, allant de 17 % pour les petits mammifères (< 1 kg) à 82 % pour les mammifères de taille moyenne (> 1 kg) (Plante et collab., sous presse);
- certains animaux blessés sortent des voies de circulation et meurent à proximité de la route, mais ne sont pas détectés lors des relevés;
- certaines carcasses sont emportées par des charognards ou sont complètement détruites par les véhicules avant de pouvoir être détectées;
- les relevés de mortalité routière animale n'ont été réalisés que pendant 4 mois de chaque année d'étude.

Le nombre de carcasses de mammifères de taille moyenne (> 1 kg) était plus grand en présence de végétation arbustive dans la bande médiane de la route (terre-plein central) ou de végétation arborescente à proximité de la route (Jaeger et collab., 2017, Plante et collab., sous presse). La clôture semble avoir réduit la mortalité routière animale dans les tronçons de route clôturés, mais la taille de l'échantillon était trop petite pour affirmer que la corrélation est significative d'un point de vue statistique. Toutefois, le taux de mortalité

routière animale était statistiquement plus élevé aux extrémités des clôtures que dans les tronçons de route clôturés et dans les tronçons non clôturés. Cette observation a été appelée « effet de bout de clôture » (Clevenger et collab., 2001; McCollister et van Manen, 2010) : on observe un déplacement des occurrences de mortalité routière animale vers les extrémités des clôtures au lieu d'une baisse du taux de mortalité (Cserkés et collab., 2013, Huijser et collab., 2015). Par conséquent, la combinaison du tronçon de route clôturé et de la mortalité plus forte aux extrémités des clôtures n'a pas entraîné de réduction globale de la mortalité routière animale par rapport aux tronçons non clôturés (figure 4) (voir tableau 5.4 dans Jaeger et collab. 2017 pour plus de détails). Nous en concluons que les clôtures n'étaient pas assez longues pour réduire la mortalité routière animale. Des clôtures plus longues seraient probablement plus efficaces pour réduire à la fois la mortalité routière animale et l'effet de bout de clôture, puisqu'une longueur accrue réduit la probabilité qu'un animal se rende jusqu'à l'extrémité de la clôture et donc, sur la route (Huijser et collab., 2015; Huijser et collab., 2016). Il n'a pas été possible d'étudier l'efficacité de différentes longueurs de clôture dans notre étude, car toutes les clôtures avaient la même longueur.

Les occurrences de mortalité routière des petits et moyens mammifères ont été cartographiées pour 3 tronçons de la route 175 (figure 4). Sur le tronçon de route de 5 km entre les kilomètres 95 et 100 (figure 4c), 52 carcasses ont été détectées sur les voies en direction sud, les plus proches du PNJC, ce qui est plus que les 36 carcasses détectées sur les voies en direction nord qui sont plus loin du parc. La concentration des occurrences de mortalité à proximité des extrémités de clôtures est visible sur les figures 5a à 5c.

### Effacité des structures de passage faunique

Le franchissement complet d'au moins une espèce de mammifère de taille moyenne et d'au moins une espèce de petit mammifère a été documenté dans toutes les 18 structures de passage faunique suivies. Le nombre total de photos enregistrées était de 227 720, ce qui a permis de documenter 14 344 visites de mammifères dans les structures de passage faunique (Martinig et Bélanger-Smith, 2016). De ce nombre, 1 851 étaient des franchissements complets (13 % des visites) (figure 6), alors que 28 % étaient des explorations (puisque l'entrée et la sortie de l'animal étaient détectées par la même caméra) et que 59 % étaient des visites indéterminées, c'est-à-dire qu'il n'était pas possible de déterminer à partir des photos si l'animal franchissait la structure au complet ou s'il revenait sur ses pas. Le nombre réel de visites et de franchissements complets est probablement beaucoup plus élevé que celui observé, car les caméras ont un taux de détection inférieur à 100 % (soit d'environ 83 % pour les mammifères de taille moyenne et d'environ 56 % pour les petits mammifères selon Jumeau et collab., 2017).

Ces résultats démontrent que les nouvelles structures de passage faunique sont déjà utilisées par plusieurs petits et moyens mammifères, seulement 4 à 6 ans après leur

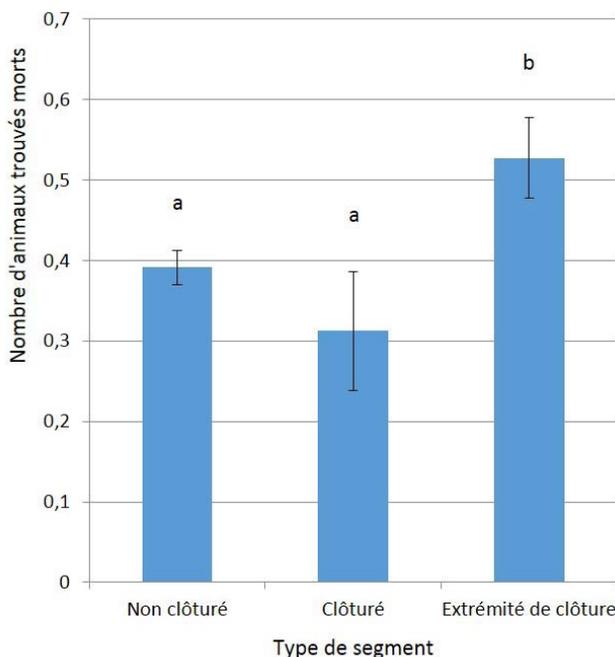


Figure 4. Nombre moyen d'animaux morts (> 1 kg) détectés par type de tronçon de 100 m de la route 175 (Plante, 2016).

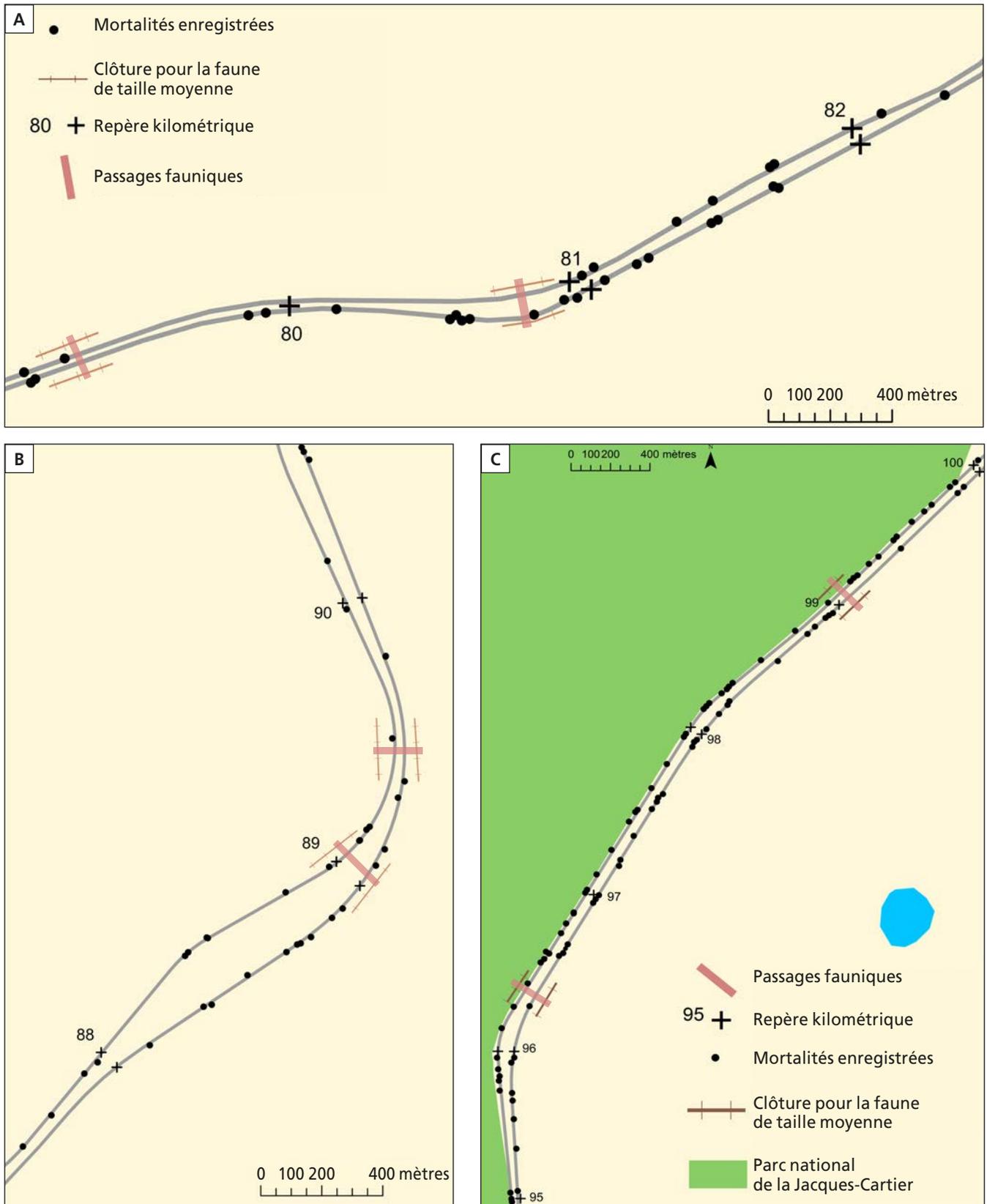


Figure 5. Emplacement des mammifères de petite et de moyenne taille trouvés morts sur la route 175 (points noirs) : a) entre les kilomètres 80 et 82; b) entre les kilomètres 88 et 90; c) entre les kilomètres 95 et 100. Les petites lignes en brun localisent les clôtures à moyenne faune le long de la route; les lignes rouges en travers de la route indiquent l'emplacement des structures de passage faunique.

construction. Cependant, aucun franchissement complet n'a été documenté au cours de l'étude pour la martre d'Amérique, le pékan (*Martes pennanti*), le lynx du Canada (*Lynx canadensis*) ni le grand polatouche (*Glaucomys sabrinus*). Par ailleurs, certaines espèces ont été très rarement observées : 1 seul franchissement complet a été recensé pour la loutre de rivière (*Lontra canadensis*), 6 pour le renard roux, et 10 pour le porc-épic d'Amérique et le raton laveur (*Procyon lotor*) (figure 6).

Les ponceaux secs (PS) et les ponceaux avec tablette de bois (PTBois) ont été plus efficaces que les ponceaux avec tablette de béton (PTBét) (tableau 2). Le nombre moyen de franchissements complets par structure était de 183 individus pour les structures de type PS, de 140 individus pour les PTBois, et de 28 individus pour les PTBét. Nos résultats indiquent également que des structures dont la conception comprend une ouverture médiane équipée d'une clôture d'exclusion faunique au niveau du terre-plein central ont été moins efficaces que les structures sans ouverture médiane, même si une telle conception laisse entrer plus de lumière (Martinig et Bélanger-Smith, 2016; Jaeger et collab., 2017).

Lorsque nous avons combiné les résultats concernant les objectifs 1 et 2, nous avons trouvé l'un des résultats les plus significatifs de notre étude : une relation négative a été observée entre la fréquence d'utilisation des structures de passage faunique et le nombre de carcasses aux environs de ces structures, c'est-à-dire sur un tronçon de route de 500 m par structure, qui comprend les 200 m clôturés et 150 m de plus de chaque côté. Il y avait donc moins de carcasses dans les endroits où les structures étaient les plus utilisées, et ce, pour l'ensemble des espèces à l'exception du porc-épic d'Amérique (figure 7). Ceci démontre que les

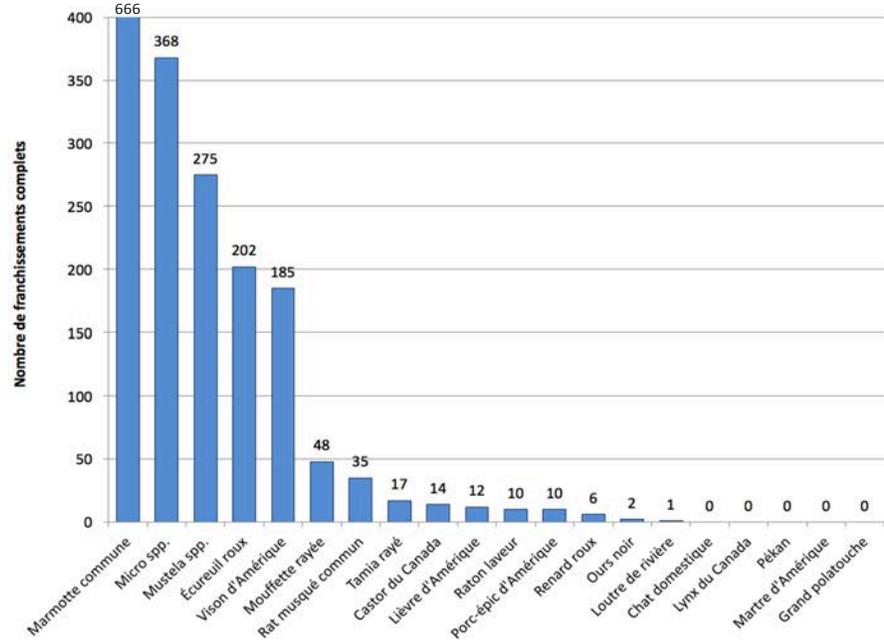


Figure 6. Nombre de franchissements complets observés par espèce – suivi de l'utilisation des structures de passage faunique réalisé par Martinig et Bélanger-Smith (2016) (à l'exception du kilomètre 138).

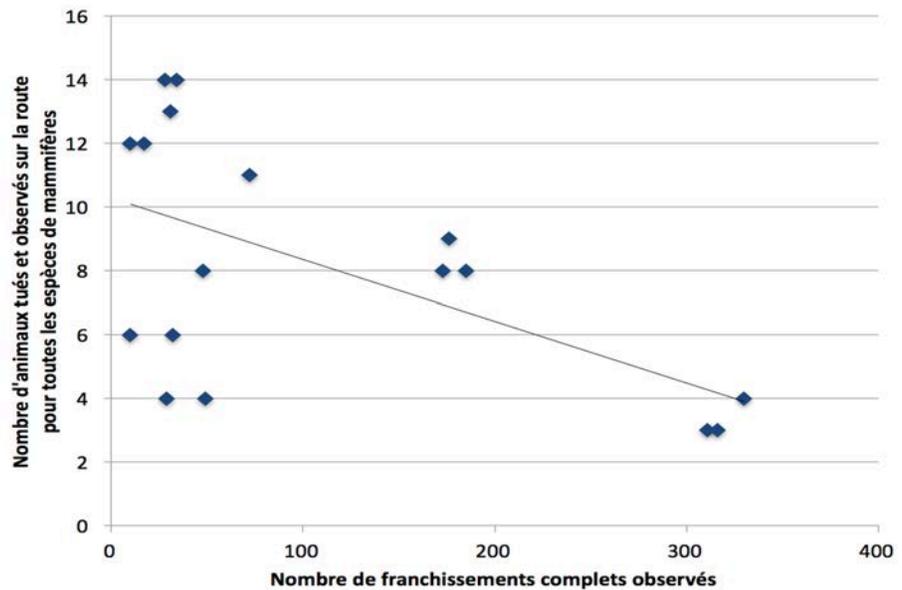


Figure 7. Relation entre la mortalité routière animale documentée au sein des tronçons clôturés de la route 175 (100 m) et à proximité des extrémités de clôtures (200 m de part et d'autre) et l'utilisation des structures de passage faunique dans ces tronçons (à l'exception du porc-épic d'Amérique).  $R^2 = 0,33$ ;  $p = 0,016$ .

structures de passage faunique aident à réduire la mortalité routière animale si elles sont combinées avec des clôtures d'exclusion et fréquemment utilisées par les animaux.

**Tableau 2. Performance générale de trois types de passages fauniques le long de la route 175 (–: inefficace, \*: peu efficace, \*\*: satisfaisant ou efficace, \*\*\*: très efficace). Les espèces sont classées par ordre décroissant de masse corporelle (du plus lourd au plus léger). Le passage type ponceau avec pied sec de type tablette de béton (PTBét) n’a pas été inclus en raison de la petite taille de l’échantillon ( $n = 1$ ).**

Espèce	Performance de trois types de passages fauniques		
	Ponceau sec (PS)	Ponceau avec pied sec de type tablette de bois (PTBois)	Ponceau avec pied sec de type tablette de béton (PTBét)
Castor du Canada	*	**	*
Lynx du Canada	–	–	–
Raton laveur	**	*	*
Loutre de rivière	*	–	–
Porc-épic d’Amérique	*	–	*
Renard roux	**	–	*
Pékan	–	–	–
Marmotte commune	***	***	*
Moufette rayée	***	–	*
Lièvre d’Amérique	*	–	–
Rat musqué commun	**	*	–
Martre d’Amérique	–	–	–
Vison d’Amérique	***	***	***
Écureuil roux	***	**	*
Espèces de <i>Mustela</i>	***	**	**
Grand polatouche	–	–	–
Tamia rayé	**	**	*
Micromammifères	***	*	*
Efficacité globale (sur une échelle de 0 à 10)	5,8	3,3	2,7

### **Perméabilité de la route à la martre d’Amérique**

Au total, le long de la route 175, 32 martres d’Amérique ont été capturées, et 16 d’entre elles ont été dotées d’un collier émetteur (en raison de la faible masse corporelle des autres individus); le long de la route 381, 20 martres ont été capturées et 12 ont été dotées de colliers. Nous avons pu calculer la parenté génétique chez 29 des 32 individus capturés à proximité de la route 175 et chez les 20 individus capturés à proximité de la route 381. Après 3 années d’étude (2013 à 2015), de 7 % à 27 % (soit 4 de nos martres munies d’un collier) ont été retrouvées de l’autre côté de la route 175, mais nous ne sommes certains d’un franchissement de la route par ses propres moyens que pour 1 des 4 martres. En revanche, le pourcentage de martres d’Amérique qui traversaient la route 381 était beaucoup plus élevé (55 %). Nos résultats indiquent que les martres sont capables de traverser la route à 4 voies, mais le font moins souvent que pour la route à 2 voies. Les résultats suggèrent que la route à 4 voies, même avec

les structures de passage faunique, constitue une barrière plus importante que la route à 2 voies dépourvue de tels passages.

L’analyse génétique a mis en évidence une relation négative entre la parenté génétique des martres d’Amérique et la présence des voies de circulation dans la région de la route 175, ce qui laisse croire que la route 175 pourrait constituer un obstacle au déplacement des martres, alors que la route 381 n’est pas un obstacle (voir Jaeger et collab., 2017). En effet, certains éléments indiqueraient que les animaux plus proches géographiquement sont aussi plus proches génétiquement dans la région de la route 381, ce qui nous amène à penser qu’il n’y a pas d’impact apparent de la route. Ces résultats sont également compatibles avec les données de radio-téléométrie VHF.

Il est intéressant de noter que, le long de la route 381 à 2 voies, plusieurs martres d’Amérique ont été observées en train d’utiliser les ponceaux de drainage ordinaires (figure 8). Ceux-ci sont en place depuis plus de 25 ans, ce qui a donné aux animaux plus de temps pour s’habituer à ces structures.



Université Concordia

**Figure 8.** Photo d'une martre d'Amérique utilisant un ponceau de drainage ordinaire le long de la route 381 (à deux voies). Le collier émetteur est visible sur le cou de l'animal.

Un suivi à long terme sera nécessaire afin de savoir si un tel développement d'habitude pourrait aussi se produire le long de la route 175.

## Discussion

De façon générale, les espèces plus mobiles s'exposent à un risque accru de mortalité routière, car elles peuvent être amenées à interagir plus souvent avec les routes. Les espèces qui présentent de faibles taux de reproduction et une longue période entre deux générations successives sont également plus vulnérables, car elles sont moins capables de récupérer efficacement après un déclin de population résultant de la mortalité routière (Rytwinski et Fahrig, 2015).

La sécurité des usagers de la route est un facteur important dans les collisions impliquant des mammifères de petite et de moyenne taille. Des estimations de blessures humaines et de dommages aux véhicules résultant de collisions entre les véhicules et des animaux de petite taille ont récemment été publiées dans le Maine : le ministère des Transports du Maine a signalé 621 accidents impliquant des animaux autres que le cerf, l'orignal, l'ours et le dindon sauvage (*Meleagris gallopavo*) de 2010 à 2014, avec des pertes économiques estimées à 7,4 millions de dollars américains (McGuire, 2016). Treize de ces accidents ont entraîné des blessures invalidantes, et 25, des blessures non invalidantes (le Maine fait 7 % de la taille du Québec et compte 1,33 million d'habitants).

Afin de mettre en œuvre efficacement les mesures d'atténuation d'impacts des routes sur la faune, il faut sensibiliser les politiciens, le grand public et les instances gouvernementales aux effets écologiques à court et à long terme des routes et de la circulation motorisée de même qu'aux mesures d'atténuation appropriées. Un travail de collaboration entre les ministères des transports et les écologistes, en soutien à des recherches scientifiques crédibles et à long terme, serait souhaitable pour atteindre les objectifs de durabilité environnementale des projets routiers (van der Ree et collab., 2011).

## Recommandations

Sur la base des résultats complets (Jaeger et collab., 2017) résumés ici, nous avons émis 16 recommandations, dont 9 relatives à des suggestions d'amélioration des mesures d'atténuation des structures routières pour la faune et 7 au suivi et à la recherche. Des extraits de certaines d'entre elles sont donnés ici (se référer à Jaeger et collab., 2017 pour la liste complète) :

- Avoir recours à une variété de types de structures de passage faunique et explorer de nouveaux types de structures pour le passage d'espèces comme 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.
- Améliorer l'efficacité des ponceaux avec tablette de béton (PTBét) en installant des panneaux de bois ou de contreplaqué sur la surface de béton des tablettes, afin que leur efficacité se rapproche de celle des ponceaux secs (PS) et de ceux avec tablette en bois (PTBois).
- Favoriser la conception de passages fauniques sans ouverture dans le terre-plein central.
- Favoriser l'augmentation du couvert végétal arbustif et arborescent entre la forêt et l'entrée des structures de passage faunique; éviter le déboisement et la coupe de végétation dans les secteurs visés par l'installation de telles structures.
- Ajouter des passages fauniques (avec clôtures) dans les zones de concentration de mortalité routière ainsi qu'aux endroits où la végétation est proche de l'emprise routière; par exemple, les travaux de réfection d'un ponceau de drainage présentent une excellente occasion de transformation en passage faunique ou d'adaptation au passage de la faune.
- Établir des normes et standards pour les mesures d'atténuation d'impacts sur la faune de petite et de moyenne taille, applicables à travers le réseau routier du Québec.
- Assurer l'entretien des clôtures d'exclusion faunique; par exemple, réaliser un suivi annuel des clôtures au printemps et procéder aux réparations nécessaires.
- Équiper les nouvelles structures de passage pour la faune de petite et de moyenne taille de clôtures d'exclusion de plus de 100 m de part et d'autre.
- Clôturer les tronçons routiers affectés par des concentrations de mortalité animale et prolonger les clôtures existantes jusqu'à l'entrée des ponceaux de drainage les plus proches.
- Améliorer la conception des clôtures afin notamment d'empêcher l'effet de bout de clôture.
- Mener des études sur l'effet de la longueur des clôtures; par exemple, installer des clôtures assez longues pour que les concentrations de mortalité routière animale observées aux extrémités de clôture (à cause du déplacement des tentatives de franchissement) soient compensées par une réduction de la mortalité animale dans les tronçons de route clôturés.

- Poursuivre le suivi de l'utilisation des structures de passage faunique existantes, notamment afin de déterminer si un plus grand nombre d'espèces peuvent s'y accoutumer et les utiliser à l'avenir.
- Réaliser un suivi de l'utilisation des ponceaux de drainage ordinaires par la faune, notamment afin de déterminer si ces ponceaux peuvent devenir aussi efficaces que les structures dédiées au passage faunique en étant équipés de clôtures visant la faune de petite et de moyenne taille.

## Conclusion

Les résultats de cette étude démontrent l'efficacité des structures de passage faunique mises en place le long de la route 175, sur la base d'une grande quantité de données, mais aussi que certaines espèces utilisent peu ou pas les structures de passage, et que des améliorations sont nécessaires.

Ces 4 années de données de base pourraient permettre d'étudier l'impact des routes et l'efficacité à long terme des mesures d'atténuation sur les petits et moyens mammifères le long de la route 175. Il est plus facile de tirer des conclusions dans cette région, en raison de la grande abondance faunique qu'on y trouve, que dans d'autres, caractérisées par une présence faunique moins importante. Ainsi, la route 175 offre des conditions idéales pour de futures recherches visant à améliorer nos connaissances actuelles sur l'efficacité des mesures d'atténuation des impacts des routes sur la faune au Québec, au Canada et ailleurs dans le monde. De telles recherches devraient être réalisées rapidement, car les volumes de trafic sur la route 175 augmentent d'environ 2 % par an (Gabriel Langevin, MTMDET, comm. pers.), ce qui implique que la fenêtre est étroite (quelques années tout au plus) avant que de nouvelles données de base aient besoin d'être collectées.

## Remerciements

Nous remercions le MTMDET d'avoir financé ce projet de 2012 à 2017. Les chercheurs ont été soutenus par un comité-conseil élargi composé de représentants des principaux partenaires concernés : M. Lafrance, Y. Bédard, É. Alain, M. Michaud, J. Boucher et A. Turcotte (MTMDET); H. Bastien, Dr P. Blanchette et J.-F. Dumont (ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, MFFP); Y. Leblanc (AECOM Consultants inc.); J.-E. Arseneault, S. Boucher, M. Brunet, B. Dubeau, A. Rouleau (Sépaq); A. D'Astous (Nation Huron-Wendat); L. Desrosiers (ville de Stoneham); H. Sansregret (Forêt Montmorency). Nous sommes également reconnaissants envers la Patrouille Secours et la Sûreté du Québec de la RFL, le Camp Mercier, l'Association régionale des trappeurs Laurentiens, l'Association forestière des deux rives, la Zec des Martres et plusieurs trappeurs pour leur soutien. Au fil des ans, les membres de l'équipe de recherche ont compris, en plus des auteurs : K. Bélanger-Smith, J. Plante et A. Martinig (étudiantes à la maîtrise, Université Concordia); M.-H. Paspaliaris (étudiante au baccalauréat, Université Concordia); R. Lima, R. Marrotte et J. Gaitan-Camacho (chercheurs

associés, Université Concordia); Dr A. Desrochers (Université Laval, Québec); Dr M. Cheveau (MFFP); C. Zambrano, E. Hovington et S. Sherman Quirion (techniciens de terrain); R. Methot (Université Concordia); et plusieurs assistants de recherche : S. Anastasio, K. Azmi, T. Barr, L. Bidinosti, J. Cheng, C. Dewar, M. Down, J. O'Connor, S. Courtemanche, M. Chan, B. Charry, M. Deslauriers, V. Hayot-Sasson, A. Ibanez, A. Jones, L. Ketere, S. Macfarlane, G. Pachmann, D. Robinson et S. Tapper. Finalement, nous remercions les réviseurs scientifiques qui ont contribué à bonifier ce manuscrit, C. Daguet pour la traduction de celui-ci vers le français, et toute l'équipe du *Naturaliste canadien*. ◀

## Références

- BÉLANGER-SMITH, K., 2015. Evaluating the effects of wildlife exclusion fencing on road mortality for medium-sized and small mammals along Quebec's Route 175. Thèse de maîtrise. Université Concordia, département de biologie. Disponible en ligne à : <https://spectrum.library.concordia.ca/979605/>. [Visité le 2018-08-21].
- CLEVENGER, A.P., B. CHRUSZCZ et K.E. GUNSON, 2001. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin*, 29 : 646–653.
- CSEKÉSZ, T., B. OTTLE CZ, Á. CSEKÉSZ-NAGY et J. FARKAS, 2013. Interchange as the main factor determining wildlife-vehicle collision hotspots on the fenced highways: Spatial analysis and applications. *European Journal of Wildlife Research*, 59 : 587–597. doi:10.1007/s10344-013-0710-2.
- FINDLAY, C.S. et J. BOURDAGES, 2000. Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands. *Conservation Biology*, 14 : 86–94.
- HUIJSER, M.P., A.V. KOCIOLEK, T.D.H. ALLEN, P. MCGOWEN, P.C. CRAMER et M. VENNER, 2015. Construction guidelines for wildlife fencing and associated escape and lateral access control measures. Western Transportation Institute, Montana State University, 218 p. Disponible en ligne à : <https://trid.trb.org/view/1515581>. [Visité le 2018-10-11].
- HUIJSER, M.P., E.R. FAIRBANK, W. CAMEL-MEANS, J. GRAHAM, V. WATSON, P. BASTING et D. BECKER, 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. *Biological Conservation*, 197 : 61–68.
- JAEGER, J.A.G., J. BOWMAN, J. BRENNAN, L. FAHRIG, D. BERT, J. BOUCHARD, N. CHARBONNEAU, K. FRANK, B. GRUBER et K. TLUK VON TOSCHANOWITZ, 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling*, 185 : 329–348.
- JAEGER, J.A.G., K. BÉLANGER-SMITH, J. GAITAN, J. PLANTE, J. BOWMAN et A.P. CLEVENGER, 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. Projet R709.1. Rapport final pour le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports du Québec. Université Concordia, Montréal, 494 p. Disponible en ligne sur le site internet du Centre de documentation du MTMDET à : <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1202547.pdf>. [Visité le 2018-08-21].
- JUMEAU, J., L. PETROD et Y. HANDRICH, 2017. A comparison of camera trap and permanent recording video camera efficiency in wildlife underpasses. *Ecology and Evolution*, 7 : 7399–7407.
- LAURANCE, W.F., M.J. CAMPBELL, M. ALAMGIR et M.I. MAHMOUD, 2017. Road expansion and the fate of Africa's tropical forests. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5 : article 75. doi:10.3389/fevo.2017.00075.
- MARTINIG, A.R. et K. BÉLANGER-SMITH, 2016. Factors influencing the discovery and use of wildlife passages for small fauna. *Journal of Applied Ecology*, 53 : 825–836.

- MCCOLLISTER, M.F. et F.T. VAN MANEN, 2010. Effectiveness of wildlife underpasses and fencing to reduce wildlife-vehicle collisions. *Journal of Wildlife Management*, 74: 1722–1731. doi:10.2193/2009-535.
- MCGUIRE, P., 2016. Tracking wildlife roadkill in Maine offers a path to saving lives. *Portland Press Herald*, publié le 29 mai 2016, mis à jour le 31 mai 2016. Disponible en ligne à : <http://www.pressherald.com/2016/05/29/tracking-wildlife-roadkill-in-maine-offers-path-to-solutions/>.
- PLANTE, J., 2016. Caractérisation des lieux de mortalité de la faune de petite et moyenne taille le long de la route 175, Québec. Thèse de maîtrise. Université Concordia, Département de Géographie, urbanisme et environnement, 60 p. Disponible en ligne à : <https://spectrum.library.concordia.ca/981532/>. [Visité le 2018-08-21].
- PLANTE, J., J.A.G. JAEGER et A. DESROCHERS (sous presse). How do landscape context and fences influence roadkill locations of small and medium-sized mammals? *Journal of Environmental Management*.
- RYTWINSKI, T. et L. FAHRIG, 2015. The impact of roads and traffic on terrestrial animal populations. Dans: VAN DER REE et collab. (édit.). *Handbook of road ecology*, John Wiley & Sons, Oxford, p. 237-246.
- RYTWINSKI, T., K. SOANES, J.A.G. JAEGER, L. FAHRIG, C.S. FINDLAY, J. HOULAHAN, R. VAN DER REE et E.A. VAN DER GRIFT, 2016. How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. *PLoS ONE*, 11 (11): e0166941.
- SPANOWICZ, A., F.Z. TEIXEIRA et J.A.G. JAEGER (en prép.). Prioritizing road sections for wildlife fencing based on road mortality hotspots and coldspots at multiple scales.
- TITTENSOR, D.P., M. WALPOLE, S.L.L. HILL et 27 autres auteurs, 2014. A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science*, 346 (6206): 241-244.
- VAN DER REE, R., J.A.G. JAEGER, E.A. VAN DER GRIFT et A.P. CLEVENGER, 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: Road ecology is moving towards larger scales. *Ecology and Society*, 16 (1): 48.
- VAN DER REE, R., D.J. SMITH et C. GRILO (édit.), 2015. *Handbook of Road Ecology*. John Wiley & Sons, Oxford, 522 p.

Groupe **Hemispheres**

*L'heure juste en environnement !*

15  
ANS!

QUÉBEC  
LÉVIS  
MONTRÉAL  
ONTARIO

1-866-569-7140

info@hemis.ca

www.hemis.ca

- ⤿ Évaluation environnementale
- ⤿ Inventaire floristique et faunique
- ⤿ Cartographie écologique
- ⤿ Échantillonnage et surveillance
- ⤿ Communication et formation

**Ensemble,  
contribuons à protéger  
les habitats fauniques  
et à maintenir  
leur connectivité.**

ENSEMBLE   
on fait avancer le Québec

Québec 

© Sylvain Chouinard