

Protocole d'identification

DES CORRIDORS
ET PASSAGES FAUNIQUES

ÉTUDE DE CAS :
L'AUTOROUTE 10
ENTRE LES KM 68 ET 143

JUIN 2014



Corridor appalachien
Appalachian Corridor



Équipe de réalisation

Rédaction : Louise Gratton, biologiste, consultante en écologie et conservation

Révision :

- Clément Robidoux, biologiste et coordonnateur à la conservation, Corridor appalachien
- Caroline Daguet, biologiste, Corridor appalachien
- Mélanie Lelièvre, directrice générale, Corridor appalachien
- Yves Poulin, coordonnateur en environnement, direction de l'Estrie, ministère des Transports du Québec
- Julie Boucher, biologiste, direction de l'environnement et de la recherche, ministère des Transports du Québec
- Audrey Turcotte, conseillère à la recherche, direction de l'environnement et de la recherche, ministère des Transports du Québec
- Michel Michaud, conseiller en recherche, direction de l'environnement et de la recherche, ministère des Transports du Québec
- Éric Jaccard, responsable régional de la gestion de la faune terrestre (Estrie, Montérégie, Montréal), ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec
- Jérôme Théau, professeur agrégé, Centre d'applications et de recherches en télédétection (CARTEL) et Département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke

Révision linguistique : Michelle Labonté

Cartographie : Vincent Fréchette, géomaticien, Corridor appalachien

Coordination : Mélanie Lelièvre, directrice générale, Corridor appalachien

Remerciements

Ce projet a été réalisé avec l'appui financier d'Environnement Canada, du ministère des Transports du Québec, et de la Conférence régionale des élus de l'Estrie par le biais du Fonds de développement régional (FDR).



Environnement
Canada

Environment
Canada





Table des matières

- Auteurs..... 2
- Remerciements 2
- Table des matières 3
- Introduction 5
- 1 Les objectifs 7
 - 1.1 Faciliter le déplacement de la faune entre les habitats et les populations fauniques 7
 - 1.2 Réduire la mortalité routière de la faune 8
 - 1.3 Diminuer les collisions des véhicules avec la faune..... 8
- 2 Les partenaires 9
 - 2.1 Organismes de conservation 9
 - 2.2 Ministère des Transports du Québec (MTQ)..... 10
 - 2.3 Ministère du Développement durable, de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec (MDDELCC) 11
 - 2.4 MRC et municipalités 11
 - 2.5 Universités 12
 - 2.6 Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP)..... 12
- 3 Protocole d’identification des corridors et des passages fauniques 13
 - 3.1 Le concept de connectivité..... 13
 - 3.2 Les étapes d’identification de corridors et de passages fauniques..... 13
 - Étape 1 - Définition des limites de l’aire d’étude 14
 - Étape 2 – Récolte des données existantes 15
 - Étape 3 - Identification des espèces cibles..... 18
 - Étape 4 - Identification des noyaux ou des habitats à relier..... 19
 - Étape 5 - Inventaires complémentaires et interprétation des données 21
 - Étape 5a - Identification des sites à potentiel d’amélioration de la sécurité..... 21
 - Étape 5b -Inventaires fauniques 23
 - Étape 5c - Évaluation et caractérisation des viaducs et ponceaux existants 26
 - Étape 5d - Caractérisation du contexte paysager..... 27
 - Étape 6 - Analyses de connectivité et de corridors de moindre coût 28



Étape 6a - Matrice de résistance au déplacement.....	28
Étape 6b - Scénarios de corridors potentiels par espèces ou guildes d'espèces.....	29
Étape 7 - Validation sur le terrain.....	30
Étape 8 - Sélection finale	31
4 Analyses des options d'atténuation	31
4.1 Clôtures	31
4.2 Types de passages fauniques.....	32
4.2.1 Passages supérieurs.....	32
4.2.2 Passages inférieurs	33
4.3 Mise en valeur des viaducs et des ponceaux existants	34
4.3.1 Éliminer les obstacles au passage de la faune.....	35
4.3.2 Faciliter le mouvement	35
4.3.3 Réduire les effets dissuasifs	35
4.3.4 Améliorer les approches.....	36
4.3.5 Installer des clôtures et des barrières	36
4.3.6 Ajouter des structures	36
5 Le suivi et la gestion adaptative.....	37
5.1 Suivi des collisions et de la mortalité routière	37
5.2 Suivi de l'utilisation des passages fauniques	37
5.2.1 Protocole.....	37
5.2.2 Méthodes	37
5.2.3 Durée	38
5.3 La gestion adaptative	38
RÉFÉRENCES.....	40
Annexe 1. Termes et définitions.....	46
Annexe 2. Noms scientifiques des espèces mentionnées dans le texte.....	47
Annexe 3. Attributs des guildes de mobilité des espèces (modifiés de Kintsch et Cramer (2011) et VTRANS, 2012)).....	49
Annexe 4. Exemples de données recueillies sur les carcasses d'animaux (Garneau, 2012)	51
Annexe 5. Critères d'évaluation des structures existantes à des fins de passages fauniques.....	53



Introduction

Corridor appalachien œuvre à la préservation de la biodiversité de la chaîne des Appalaches dans la région des Cantons-de-l'Est. L'une de ses principales stratégies est de protéger les grands massifs forestiers et de maintenir la connectivité entre eux de manière à favoriser, notamment, la viabilité des populations d'espèces à grand domaine vital. La carte 1 illustre le progrès fait depuis un peu plus de dix ans pour constituer un réseau d'aires protégées reliant la réserve naturelle des Montagnes-Vertes (dans et autour du Massif des monts Sutton) et le parc national du Mont-Orford. Entre ces deux grands massifs forestiers, l'autoroute 10 constitue un obstacle potentiellement majeur au mouvement des espèces animales.

Le projet consiste, dans une première phase, à élaborer un protocole d'identification des **corridors naturels**¹ à protéger de part et d'autre d'une autoroute existante, en tenant compte des secteurs où des **passages fauniques** pourraient éventuellement être aménagés. Il se base sur l'écologie routière, une discipline en émergence issue des préoccupations de sécurité tant pour les usagers du réseau routier que pour la faune, et qui vise à mitiger l'impact des routes sur la faune tout en intégrant la présence de corridors fauniques, la mise en valeur des infrastructures routières et l'aménagement du territoire.

De manière plus précise, ce protocole inclut :

- 1) l'évaluation de la connectivité existante par le biais d'une analyse géomatique tenant compte de l'identification de **noyaux de conservation** et de corridors structuraux pour des espèces ciblées de la faune;
- 2) les inventaires sur le terrain pour caractériser les abords routiers et les sites à potentiel d'amélioration en sécurité routière, valider la fréquentation par la faune et évaluer les infrastructures existantes (viaducs, ponts, ponceaux) comme sites potentiels de **passages fauniques**;
- 3) l'intégration des données de terrain aux analyses géomatiques des **corridors naturels** de part et d'autre de l'autoroute;
- 4) les moyens de mise en valeur des infrastructures existantes sur les sites offrant un potentiel;
- 5) les mesures de suivi et de gestion adaptative.

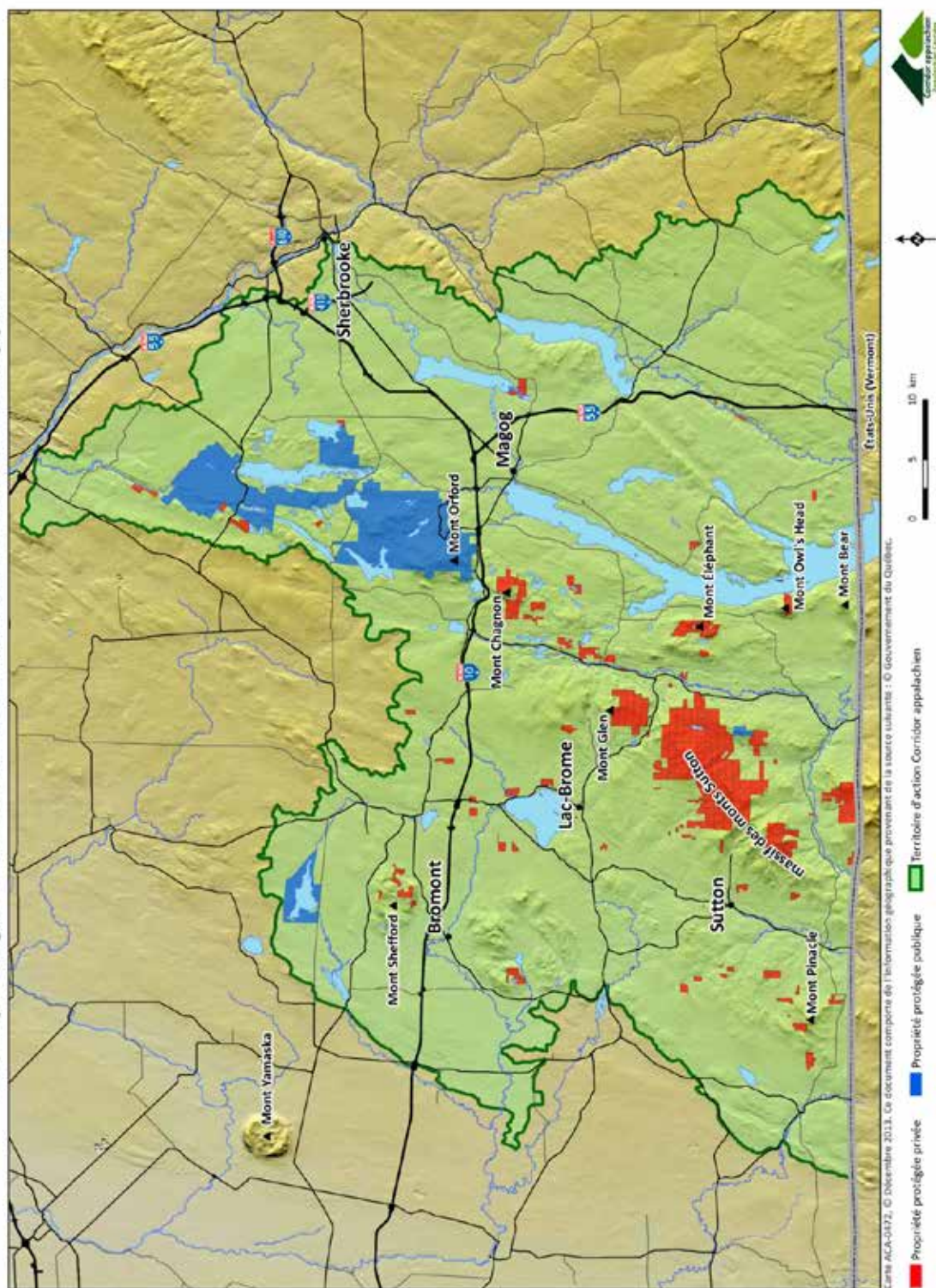
La seconde phase du projet consistera à mettre en œuvre ce protocole, dans le but de proposer des projets d'aménagement de **couloirs de déplacement** et de **passages fauniques** à partir des infrastructures offrant le meilleur potentiel.

Puisque des initiatives visant à promouvoir la connectivité des milieux naturels se déroulent actuellement dans plusieurs régions du Québec, ce protocole pourra bénéficier à plusieurs autres régions traversées par des infrastructures routières majeures.

¹ Voir l'annexe 1 pour un glossaire des termes **identifiés en orange dans le texte**.

Carte 1

Aires protégées sur le territoire d'action de Corridor appalachien





1 Les objectifs

L'identification des **corridors** et des **passages fauniques** vise trois objectifs principaux :
1) faciliter le déplacement de la faune entre les habitats et les populations fauniques;
2) réduire la mortalité routière de la faune; et 3) diminuer les collisions des véhicules avec la grande faune (Beckman et coll. 2010).

Le projet s'inscrit dans les préoccupations mises de l'avant dans le Plan stratégique du ministère des Transports du Québec (MTQ) dont la mission est « d'assurer, sur tout le territoire, la mobilité durable des personnes et des marchandises par des systèmes de transport efficaces et sécuritaires qui contribuent au développement du Québec » et dans le cadre de son Plan d'action de développement durable ministériel dont l'objectif 1.2 est « d'intégrer les principes de développement durable dans les actions menées par le Ministère ».

1.1 Faciliter le déplacement de la faune entre les habitats et les populations fauniques

Les perturbations anthropiques modifient la distribution et le comportement de diverses espèces animales. Le réseau routier est une des perturbations les plus répandues dans le paysage habité de l'Amérique du Nord (Trombulak et Frissell, 2000). Les routes sont l'une des causes majeures de la fragmentation des habitats autrefois contigus; elles entraînent un effet de barrière au déplacement de la faune et limitent l'accès aux ressources situées de part et d'autre de celles-ci (Lesmerises et coll. 2012). Outre la mortalité routière dont il sera question plus loin, cet effet de barrière peut causer une perte fonctionnelle d'habitats pour les espèces incapables de traverser ou montrant un évitement de la route (Benitez-Lopez et coll. 2010; Leblond et coll. 2011).

Le maintien de la connectivité par la protection de **corridors** et de **passages fauniques** permet de préserver des fonctions écologiques essentielles à la viabilité de populations fauniques (Beckman et coll. 2010), soit de :

- combler leurs besoins tels que trouver de la nourriture, un abri et des partenaires pour se reproduire;
- se disperser de leur lieu de naissance vers les divers habitats critiques à la complétion de leur cycle de vie et de recoloniser des milieux après de longues absences;
- redistribuer les populations en réponse à des changements dans leur environnement ou à la suite de perturbations naturelles (ex. feu, sécheresse);
- réduire la mortalité et accroître les échanges génétiques au sein des populations;
- maintenir les métapopulations à long terme, la stabilité des communautés et les processus écologiques.

La connectivité est donc une composante clé de la protection de la biodiversité. En plus d'offrir une plus grande probabilité de survie, la connectivité entre les populations procure, en comparaison avec des populations isolées, une plus grande flexibilité aux espèces pour répondre aux changements des conditions environnementales et aux événements climatiques extrêmes. Les travaux de terrain et les modèles tendent à démontrer que les populations interreliées sont plus résilientes aux changements



environnementaux et aux perturbations naturelles, tels le feu et la sécheresse (Tewksbury et coll. 2002).

1.2 Réduire la mortalité routière de la faune

Les principaux facteurs environnementaux qui influent sur le taux de mortalité de la faune sur les routes sont le volume de circulation routière, la densité du réseau routier, la vitesse des véhicules, la taille des populations fauniques, le couvert végétal du milieu environnant, le couvert végétal des emprises, la présence d'habitats fauniques ou d'éléments attractifs à proximité, ainsi que le nombre de ponts et de voies sur l'emprise (MTQ, 2013). Clevenger (2012) fait d'ailleurs remarquer que les zones à haut risque de collisions avec la faune ont généralement peu en commun avec les endroits où les espèces traversent avec succès. Plutôt, ces zones reflèteraient la configuration de la route qui entrave la visibilité des automobilistes, diminue leur temps de réponse ou encore favorise les excès de vitesse dans les secteurs utilisés par la faune (VTRANS, 2012).

Au Québec, les données d'accidents colligées concernent le cerf de Virginie, l'orignal, le caribou et l'ours noir, c'est-à-dire la grande faune (MTQ, 2013). Comme ailleurs en Amérique du Nord, il existe peu de statistiques sur les autres espèces bien que la mortalité routière affecte la majorité d'entre elles (Beier et coll. 2008). Cependant, on reconnaît que la mortalité routière de la faune, de concert avec l'effet de barrière des routes, pourrait affecter significativement la viabilité des populations animales, en particulier celles qui ont normalement de faibles densités, de faibles taux de reproduction ou de grands domaines vitaux (Fahrig et Rytwinski, 2009; Beckman et coll. 2010). Cela peut aller jusqu'à leur disparition locale (Jaeger et coll. 2005) ou même, dans le cas de certaines espèces très rares, les mener encore plus près de leur extinction (White, 2007).

Plusieurs des espèces en situation précaire dont les populations sont affectées par les routes sont des espèces qui se déplacent lentement, comme les amphibiens et les reptiles qui ne peuvent facilement éviter les routes ou les véhicules (Fahrig et Rytwinski, 2009).

1.3 Diminuer les collisions des véhicules avec la faune

Étant donné leur taille et leur abondance, l'orignal et le cerf de Virginie représentent de sérieux problèmes de sécurité routière. En effet, il se produit chaque année au Québec plus de 6 000 accidents routiers impliquant la grande faune (MTQ, 2013). Sur l'ensemble du territoire québécois, on observe depuis 1999 une hausse des accidents routiers avec la grande faune dont 99 % impliquent des collisions avec les cervidés. Ceci serait attribuable à la fois au développement et à l'augmentation de l'utilisation du réseau routier à l'échelle du Québec ainsi qu'à un accroissement des populations d'orignaux et de cerfs de Virginie au cours de cette même période (Peltier, 2012). De toutes les mesures d'atténuation mises en place pour réduire les collisions avec la faune au cours des dernières années, la combinaison de clôtures et de passages fauniques serait la plus efficace (Beckman et coll. 2010). Les quinze ans de suivi des passages fauniques de Banff ont démontré que ces derniers avaient permis de réduire le nombre de collisions



impliquant les grands mammifères de plus de 80 % et les espèces d'ongulés, de 94 % (Clevenger, 2012).

Le MTQ utilise de nombreuses mesures d'atténuation pour réduire le nombre de collisions avec la grande faune et améliorer la sécurité des usagers de la route. Si les mesures implantées par le MTQ sont surtout celles qui visent à empêcher la faune d'accéder aux abords de route (ex. clôtures), plusieurs **passages fauniques** ont néanmoins été intégrés aux infrastructures routières. Ainsi, en 2012, on comptait une trentaine de **passages fauniques** pour la grande faune sur le réseau du MTQ (ex. cinq passages inférieurs sur l'autoroute 73 dans la région de Chaudière-Appalaches) et des initiatives de passages pour petite ou moyenne faune sont aussi à prévoir dans différentes régions au cours des prochaines années. Afin d'atténuer la perte de connectivité par l'élargissement de la route 175 dans la réserve faunique des Laurentides, 39 **passages fauniques** sont en opération le long de la route 175 entre Stoneham-et-Tewkesbury et le Lac St-Jean, 33 pour la petite et moyenne faune (porc-épic, renard, vison, martre...) et 6 pour la grande faune (orignal, loup, ours...) (Bédard et coll. 2012a; Jaeger et coll. 2013). Les résultats se sont avérés concluants dans le cas de l'orignal, puisque la mise en place de clôtures hautes dans les secteurs les plus à risque a contribué significativement à réduire le nombre de collisions, et les **passages fauniques** ont été fréquentés par tous les segments de la population d'orignaux fréquentant la réserve (Bouffard et coll. 2012; Bédard et coll. 2012b; Jaeger et coll. 2013). Même si les résultats du suivi des **passages fauniques** destinés à la petite faune se sont avérés moins concluants et très variables selon les structures, la confirmation de leur utilisation est encourageante et leur faible coût justifierait leur aménagement comme mesure d'atténuation de projets routiers (Bédard et coll. 2012a).

2 Les partenaires

Toute tentative visant à réduire les effets des routes sur la faune (c'est-à-dire la réduction de la viabilité des populations, l'augmentation de la mortalité et la rupture du flux génétique) doit se concentrer sur la réduction des collisions routières impliquant la faune, tout en assurant l'accessibilité à la nourriture, au couvert et aux partenaires sexuels sur l'ensemble du paysage et en tout temps de l'année, sans quoi les populations animales ne pourront se perpétuer. Assurer l'intégrité écologique dans ces circonstances requiert des efforts de coopération entre les disciplines variées, tels le génie civil, la conception environnementale, la planification des transports et les sciences biologiques (Forman, 1998). Au Québec, ces disciplines d'expertise se trouvent au sein de divers ordres de gouvernements, d'organismes de conservation et d'universités. Généralement, chacune d'elles est représentée sur un comité d'experts associés au projet. Un bref portrait de leur contribution est ici décrit.

2.1 Organismes de conservation

À ce jour au Québec, les initiatives visant la protection de **corridors naturels** en terre privée ont, à quelques exceptions près, surtout été promues par les organismes de conservation. Au Québec, les exemples d'analyses de la connectivité et de planification de **corridors naturels** se sont multipliés au cours des dernières années : en Montérégie (Boothroyd-Roberts et coll. 2012; Bisson et Comiré, 2013; Gonzalez et coll. 2013), au lac



Saint-Pierre (Jobin et coll. 2013), en Estrie (Robidoux et Guérin, 2010; Robidoux et Bouthot, 2011), dans la grande région de Montréal (Nature-action Québec et la Fondation Suzuki, 2012), de même que dans les régions des Laurentides (Boucher, 2012; MRC d'Argenteuil, non publié), du Bas-Saint-Laurent (Deux pays, une forêt, non publiée) et de la Gaspésie (Perrotte-Caron et coll. 2012; Gratton et coll. 2010). Corridor appalachien en a été l'instigateur pour les Cantons-de-l'Est (Gratton, 2002), mais c'est aussi le seul organisme qui, au cours des dix dernières années, a significativement contribué à l'identification, la validation, la prise en compte de corridors naturels et l'acquisition de propriétés ciblées pour le maintien de la **connectivité à l'échelle du paysage** grâce aux partenariats stratégiques qu'il a établis avec ses membres affiliés, municipalités et autres partenaires. Le rôle d'un organisme de conservation en lien avec les enjeux de connectivité est de :

- réaliser les analyses de connectivité et la validation sur le terrain menant à l'identification de corridors prioritaires;
- sensibiliser le grand public et les intervenants du milieu à l'importance de la connectivité pour la conservation de la biodiversité;
- conserver des terrains critiques au maintien de la connectivité à long terme soit par le don ou l'acquisition de pleins titres de propriétés, de servitudes de conservation ou de servitudes de conservation forestière, ou par la désignation de réserves naturelles reconnues en terres privées;
- négocier avec les propriétaires l'installation sur leur terrain d'infrastructures ou l'aménagement d'ouvrages visant à contrôler le déplacement de la faune et à favoriser son utilisation des **passages fauniques**;
- développer des partenariats menant à la prise en compte des enjeux de la connectivité dans la planification et l'aménagement du territoire et du réseau routier;
- solliciter la collaboration d'experts pour participer à un comité consultatif pour le projet.

2.2 Ministère des Transports du Québec (MTQ)

Au cours de la dernière décennie, les agences de transports et de gestion du territoire ont démontré un intérêt grandissant pour l'atténuation des effets négatifs des routes sur la faune, un changement significatif avec les pratiques passées (Clevenger, 2012). Au Québec, l'important chantier du projet de réfection de l'axe routier 73/175 a permis de faire avancer l'écologie routière au Québec (Bédard, 2012) et l'aménagement de **passages fauniques** semble aujourd'hui acquis. Il existe plusieurs autres initiatives de passages fauniques sur le réseau du MTQ notamment sur les autoroutes 20, 30, 55, 85, 410 (passages petite faune) et la route 175. La tendance actuelle en Amérique du Nord est non seulement de revoir comment réduire les impacts des infrastructures routières existantes sur la faune (Clevenger et Huisjer, 2011), mais aussi d'améliorer la sécurité des usagers du réseau routier, d'où l'importance de la collaboration du MTQ dans la planification et l'aménagement de **passages fauniques**. Plus précisément, son implication dans le cadre de tels projets pourrait être :

- de collaborer à un comité d'experts pour le projet et au comité de suivi du projet (long terme);

- de collaborer à la récolte, à l'analyse et au partage des données sur les collisions de véhicules avec la petite et la grande faune pour les intégrer aux scénarios de **corridors**;
- d'évaluer les structures (ou ouvrages d'art) existantes et leur potentiel d'aménagement pour le passage des différentes espèces;
- de soutenir les inventaires fauniques le long de l'infrastructure routière concernée;
- de réaliser la mise à niveau des structures existantes pour faciliter le passage de la faune, lorsque nécessaire;
- d'évaluer la pertinence d'accorder un statut de protection aux lots résiduels lui appartenant qui pourraient contribuer à la protection des corridors fauniques, de part et d'autre des **passages fauniques**;
- d'aménager les emprises routières afin de faciliter le mouvement de la faune et son accès aux **passages fauniques**;
- d'inclure, dans le cadre de futurs travaux de réfection de l'infrastructure routière concernée, l'aménagement de **passages fauniques**, lorsque pertinent;
- de faire le suivi des **passages fauniques** pour évaluer leur efficacité et effectuer les modifications, le cas échéant.

2.3 Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec (MDDELCC)

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec (MDDELCC) assume de nombreuses responsabilités dont plusieurs peuvent contribuer à l'identification et à la mise en place de **corridors** et de **passages fauniques**, notamment :

- collaborer à un comité d'experts pour le projet et au comité de suivi du projet (long terme);
- identifier les aménagements qui exigeront un certificat d'autorisation pour leur mise en place;
- évaluer la pertinence d'accorder un statut de protection aux lots lui appartenant qui pourraient contribuer à la protection des corridors fauniques, de part et d'autre des **passages fauniques**.

2.4 MRC et municipalités

Pour assurer la pérennité des **corridors** et des **passages fauniques**, il est primordial de prendre en compte les affectations et zonages du territoire de même que les projets de développement prévus qui pourraient modifier la **perméabilité du paysage** à la faune et rendre inopérants les aménagements destinés à faciliter le déplacement de la faune. Le rôle des MRC et des municipalités concernées requiert :

- de collaborer à un comité d'experts pour le projet;
- de partager les versions les plus récentes ou en cours de modification des schémas d'aménagement des MRC et des plans d'urbanisme des municipalités, de même que les informations sur les projets de développement en cours et à venir;

- 
- d'évaluer la pertinence de réviser le zonage ou la réglementation de manière à prendre en compte les corridors fauniques aux plans d'urbanisme et aux schémas d'aménagement;
 - d'évaluer la pertinence d'accorder un statut de protection aux lots appartenant aux MRC et aux municipalités qui pourraient contribuer à la protection des corridors fauniques, de part et d'autre des passages fauniques.

2.5 Universités

Le concours des universités est essentiel dans la mesure où certaines connaissances pourraient être acquises afin de valider ou d'améliorer l'efficacité des corridors et passages fauniques à long terme. Leur participation consiste à :

- collaborer à un comité d'experts pour le projet;
- réaliser des suivis et études scientifiques plus complexes et détaillées.

2.6 Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP)

La contribution du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP) consiste en grande partie à rendre disponibles les données indispensables à l'analyse des corridors par la géomatique et à collaborer aux inventaires fauniques. Il est, entre autres, envisagé que le MFFP puisse :

- collaborer à un comité d'experts pour le projet et au comité de suivi du projet (long terme);
- récolter, colliger et partager les données sur les espèces fauniques (communes et en situation précaire) et leurs habitats, y compris les données sur les inventaires aériens, l'abattage en période de chasse et la trappe;
- collaborer aux inventaires fauniques le long de l'infrastructure routière;
- partager la base de données topographiques du Québec (BDTQ);
- partager la base de données numériques écoforestières du Québec (FORGEN – TERGEN), et la base de données sur les écosystèmes forestiers exceptionnels (EFE);
- évaluer la pertinence d'accorder un statut de protection aux lots appartenant au MFFP qui pourraient contribuer à la protection des corridors fauniques, de part et d'autre des passages fauniques.



3 Protocole d'identification des corridors et des passages fauniques

3.1 Le concept de connectivité

Le concept de connectivité est défini comme « le degré auquel un paysage facilite ou restreint le mouvement des organismes entre des fragments d'habitats » (Taylor et coll. 1993). Cette définition met l'accent sur le fait que le type, la superficie et l'organisation spatiale des habitats, ou de l'utilisation du territoire, dans le paysage influent sur le déplacement des espèces et, ultimement, la dynamique des populations et la structure des communautés (Taylor et coll. 2006). Bien plus que la simple initiative d'établir des **corridors** reliant les milieux naturels, la connectivité écologique résulte d'une interaction entre un processus comportemental (le besoin de se déplacer) et la structure du paysage. On distingue donc deux types de connectivité : la **connectivité structurelle**, qui décrit la relation physique entre les fragments d'habitats, indépendamment du comportement des organismes vivants, et la **connectivité fonctionnelle**, qui s'accroît lorsque des changements dans la structure du paysage (y compris, mais sans s'y limiter, la **connectivité structurelle**) permettent d'augmenter le degré de déplacement ou d'affluence d'organismes dans le paysage (Taylor et coll. 2006). La distinction est importante : d'une part, les habitats n'ont pas besoin d'être structurellement connectés pour être fonctionnels, plusieurs espèces, comme les oiseaux notamment, ont la capacité de traverser des milieux inhospitaliers sur une certaine distance; d'autre part, un haut degré de **connectivité structurelle** ne procure pas nécessairement une **connectivité fonctionnelle** si les **corridors** entre les fragments d'habitats ne sont pas utilisés par les espèces ciblées (Taylor et coll. 2006).

Pour qu'un **corridor** soit fonctionnel à l'échelle du paysage, plusieurs aspects de la connectivité doivent être pris en compte. Même s'ils admettent qu'il existe des lacunes dans les connaissances sur le comportement des espèces et la structure des populations, Rudnick et coll. (2012) formulent plusieurs recommandations pour encadrer les analyses dont, entre autres, de :

- porter une attention particulière à la caractérisation de la biologie des espèces ciblées;
- bien comprendre les forces et les limites des modèles de connectivité; et
- considérer les changements spatio-temporels d'origine naturelle ou anthropique qui peuvent influencer sur la connectivité.

3.2 Les étapes d'identification de corridors et de passages fauniques

Tout en prenant compte de ces considérations, un protocole d'identification de **corridors** et de **passages fauniques** le long d'une infrastructure routière consiste en plusieurs étapes clés dont le processus de mise en œuvre est illustré à la figure 1.

1. Définition des limites de l'aire d'étude
2. Récolte des données existantes
3. Identification des espèces ciblées

4. Identification des **noyaux** ou des habitats à relier
5. Inventaires complémentaires et interprétation des données
6. Analyses de connectivité et de corridors de moindre coût
7. Validation sur le terrain
8. Sélection finale

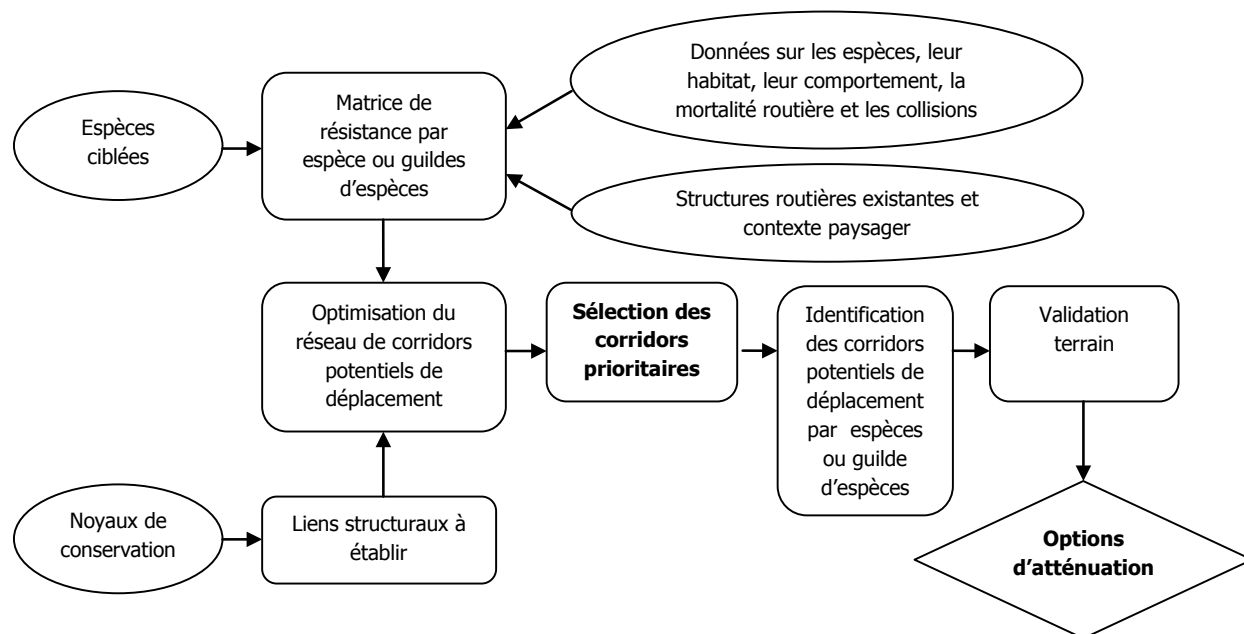


Figure 1. Processus d'identification de corridors et des passages fauniques

(Illustration modifiée d'après Steckler et Betchel, 2013)

Étape 1 – Définition des limites de l'aire d'étude

L'aire d'étude peut être définie en fonction d'un ou de plusieurs objectifs spécifiques. Ces limites peuvent être simplement établies en fonction de la répartition des sites à potentiel d'amélioration en sécurité routière, ou de part et d'autre d'un tronçon de route interceptant :

- un ou plusieurs corridors à l'échelle du paysage, caractérisés par l'espace entre les **noyaux de conservation** qui bénéficieraient d'être connectés pour faciliter le déplacement des espèces à grand domaine vital (voir étape 4);
- une voie de migration entre les habitats d'hiver et d'été;
- un **couloir de déplacement** vers un site de ponte ou de reproduction.

Les limites de l'aire d'étude permettent de circonscrire le territoire ciblé pour les analyses, mais elles ne sont pas immuables, les données recueillies lors des étapes subséquentes d'analyses pouvant permettre de mieux la circonscrire.



Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 1 : L'aire d'étude s'étend de part et d'autre de l'autoroute 10, du km 68 (Granby) au km 143 (Sherbrooke), en incluant la zone entre les **noyaux de conservation** définis par Corridor appalachien (carte 2).

Étape 2 – Récolte des données existantes

De nombreuses sources de données en format numérique peuvent servir à évaluer le contexte biophysique qui permettra à la fois, si c'est possible, d'optimiser le **réseau écologique** et d'identifier les **corridors** qui, une fois protégés et aménagés, offriront le plus grand potentiel pour faciliter le déplacement de la faune (tableau 1). Les étapes suivantes y réfèrent.

Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 2 : La très grande majorité des données numériques existantes requises pour procéder aux analyses préliminaires (voir Tableau 1) a été colligée. Il reste à recueillir les informations suivantes :

- a) la localisation des ponts, viaducs et ponceaux le long du tronçon de l'autoroute (aire d'étude);
- b) la Géobase routière d'Adresses Québec (AQRéseau);
- c) la base de données du réseau de sentiers de VTT et de motoneige;
- d) les données du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP) sur la faune du territoire, notamment sur la localisation des sites d'abattage (chasse), des sites réputés pour l'observation ainsi que les données provenant des inventaires aériens;
- e) la localisation des carcasses récoltées par le ministère des Transports du Québec (MTQ);
- f) la mise à jour des infrastructures (réseaux routiers et bâtiments).

Carte 2

Localisation de l'aire d'étude et des noyaux de conservation sur le territoire d'action de Corridor appalachien

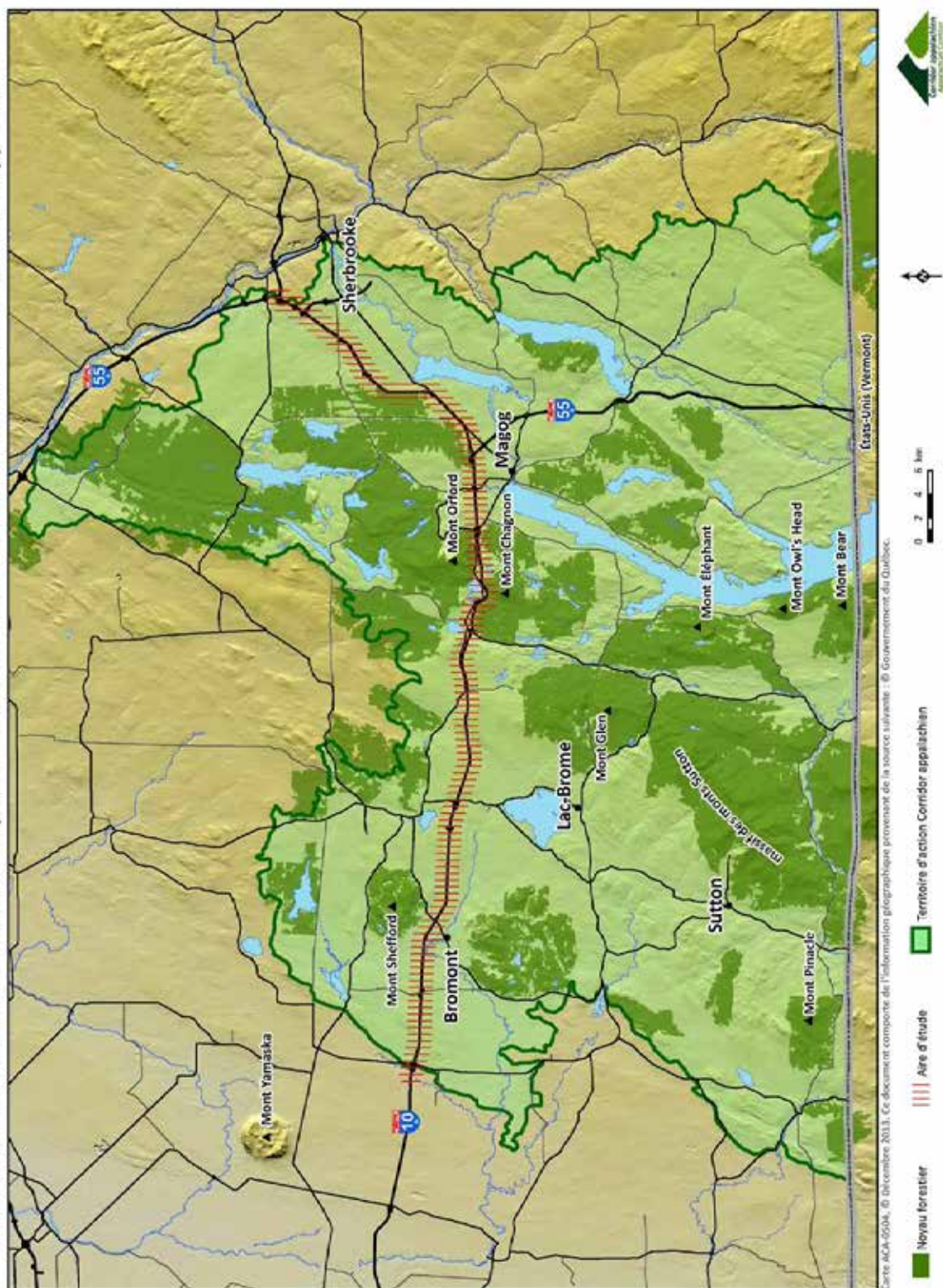


Tableau 1. Sources de données en format numérique

Thèmes	Données numériques
1. Topographie, hydrographie et réseau routier	a) Les feuillets topographiques à l'échelle du 1/20 000 de la Base de données topographiques du Québec (BDTQ 20K) du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP); b) La localisation des ponts, viaducs et ponceaux le long du tronçon de route (MTQ); c) La Géobase routière d'Adresses Québec (AQréseau); d) La base de données du réseau de sentiers de VTT et de motoneige (Fédération québécoise des Clubs Quads [FQCQ]; Fédération des clubs de motoneigistes du Québec [FCMQ]);
2. Peuplements forestiers	e) Les données numériques écoforestières du Québec (FORGEN - TERGEN) au 1/20 000 du MFFP (4^e inventaire écoforestier disponible pour le territoire). La superficie minimale des boisés cartographiés est de 4 ha; f) Les données sur les Écosystèmes forestiers exceptionnels (EFE) du territoire (MFFP);
3. Milieux humides	g) Les plans régionaux des milieux humides des régions administratives de Canards Illimités Canada (2007); h) Les milieux humides identifiés au sein des données numériques écoforestières du Québec (MFFP); i) Toutes autres cartographies des milieux humides de la région (Géomont, Corridor appalachien);
4. Autres habitats (friches, petits boisés, lisières boisées)	j) Photographies aériennes, satellites ou orthophotos;
5. Faune	k) Les habitats fauniques désignés par le MFFP; l) Les données du MFFP sur la faune du territoire, notamment sur la localisation des sites d'abattage (chasse), des sites réputés pour l'observation ainsi que les données provenant des inventaires aériens; m) Les données sur les Zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO) de Nature-Québec; n) Les rapports d'accidents avec la faune ou la localisation des carcasses récoltées par le ministère des Transports du Québec (MTQ);
6. Espèces menacées et vulnérables	o) Les occurrences d'espèces désignées menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées, selon le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ);
7. Aires protégées et noyaux de conservation	p) Le réseau des aires protégées d'après le registre du gouvernement du Québec (MDDELCC); q) Les propriétés protégées par un organisme de conservation, mais qui n'apparaissent pas au registre du gouvernement du Québec (voir le Répertoire des milieux naturels protégés du Québec du Réseau de milieux naturels protégés et autres sources); r) Les refuges biologiques du MFFP sur les territoires publics; s) Les sites prioritaires identifiés lors d'exercices de planification de conservation à l'échelle locale, régionale ou suprarégionale (MDDELCC, Conservation de la nature Canada, Corridor appalachien, Conférences régionales des élus de la Vallée du Haut-Saint-Laurent, Montérégie-Est, Estrie, Chaudière-Appalaches, Bas-Saint-Laurent, Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec, Éco-Corridors laurentiens);
8. Zonage, affectation et usages autorisés du territoire	t) Les schémas d'aménagement des MRC; u) Les plans d'urbanisme des municipalités; v) La mise à jour des infrastructures (réseaux routiers municipaux et bâtiments).



Étape 3 – Identification des espèces cibles

L'identification des espèces auxquelles les **corridors** et les **passages fauniques** sont destinés, en particulier lorsqu'il s'agit de traverser une infrastructure routière majeure, est étroitement liée aux objectifs poursuivis tels que décrits précédemment.

Si le principal objectif est de réduire les collisions avec les véhicules occasionnant des dommages matériels et corporels, les données recueillies sur les carcasses et les accidents routiers impliquant la grande faune sont la principale source d'information. Selon les données de la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ), 9 % des accidents routiers impliquant la grande faune concernent l'orignal et 90 %, le cerf de Virginie. Les autres collisions impliquent surtout l'ours noir et le caribou. En Estrie, les collisions avec la grande faune représentaient, en 2009, 29 % de tous les accidents sur le réseau du MTQ, soit près de 1 accident sur 3. Dans 87 % des cas, l'espèce en cause est le cerf de Virginie (MTQ, 2010).

Si le but est de faciliter le déplacement et de réduire la mortalité routière de la faune, la classification développée par Kintsch et Cramer (2011) dans l'état de Washington et reprise par l'Agence des transports du Vermont (VTRANS, 2012) est d'une grande utilité. La classification regroupe les espèces de la faune terrestre en huit guildes de mobilité ayant une réponse similaire aux routes et aux **passages fauniques**. Elle se base sur le comportement des espèces face aux prédateurs, les stratégies d'évitement, de même que sur la taille et la capacité de déplacement. Les catégories d'espèces terrestres, semi-aquatiques et semi-arboricoles de Clevenger et Huisjer (2011) viennent préciser les attributs des espèces de taille petite à moyenne à mobilité modérée. De concert avec les analyses des caractéristiques biophysiques de l'aire d'étude et des structures routières, cette classification facilite la prise de décisions menant à une meilleure compréhension des besoins de déplacement des espèces et de leurs préférences pour un type de **passage faunique** (Kintsch et Cramer, 2011; Clevenger et Huisjer, 2011; VTRANS, 2012). L'annexe 3 présente les attributs des guildes d'espèces.

Les données des bureaux régionaux du MFFP ou des groupes locaux de conservation, de pisteurs, de chasseurs et de trappeurs permettent d'établir la liste des espèces fauniques pour un territoire donné (tableau 1, point 5). Pour l'Estrie et la Montérégie, elles se répartissent comme suit en fonction des guildes de mobilité (tableau 2).

Tableau 2. Guildes de mobilité et espèces fauniques associées en Estrie et en Montérégie

Gilde de mobilité	Espèces
Espèces de petite taille à mobilité réduite	Crapaud d'Amérique, grenouilles, salamandres, couleuvres
Espèces de petite taille à moyenne taille à mobilité modérée	<i>Espèces terrestres</i> : renard roux, lièvre d'Amérique, lapin à queue blanche, mouffette, belettes, hermine, marmotte, tamia rayé, campagnols, souris, musaraignes, taupes <i>Espèces semi-aquatiques</i> : loutre de rivière, vison d'Amérique, castor, rat musqué, tortues <i>Espèces semi-arboricoles</i> : raton-laveur, porc-épic, martre d'Amérique, opossum, dindon sauvage, gélinotte huppée
Espèces ubiquistes à	Ours noir, lynx roux, coyote, pékan



Guilde de mobilité	Espèces
mobilité élevée	
Grands carnivores à mobilité élevée	Cougar
Ongulés à mobilité élevée	Cerf de Virginie, orignal
Espèces arboricoles	Écureuil roux, écureuil gris, grand polatouche, petit polatouche
Espèces aviaires et mammifères volants	Passereaux, rapaces, sauvagine, chauve-souris

Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 3 : Dans un premier temps, les espèces ciblées pour la mise en œuvre du protocole sont :

- l'orignal,
- le cerf de Virginie,
- l'ours noir,
- le lynx roux,
- le coyote,
- le pékan,
- la martre d'Amérique,
- la loutre de rivière, et
- le vison d'Amérique.

Les suivis à plus long terme permettront de déterminer si d'autres espèces devraient faire l'objet d'analyses spécifiques.

Étape 4 – Identification des noyaux ou des habitats à relier

Selon les objectifs du projet et les espèces ciblées, l'identification des **noyaux** à relier peut être relativement simple si elle concerne un tronçon de route pouvant constituer une barrière au déplacement des espèces pour accéder à un habitat important pour leur survie, comme la proximité d'un site de ponte pour la tortue des bois, d'une aire de confinement du cerf de Virginie ou de salines fréquentées par l'orignal. Toutefois lorsqu'il est question de maintenir ou de restaurer la connectivité pour l'ensemble des espèces animales d'une région donnée, un exercice de planification de la conservation à l'échelle du paysage est requis. Une discussion détaillée sur l'évaluation et la cartographie des **noyaux** d'habitats et des **corridors naturels** les reliant est toutefois au-delà de la portée de ce protocole (Bennet, 2003; Groves, 2003; Crête D'Avignon et coll. 2006; Robidoux et Fréchette, à venir).

La planification systématique de la conservation est aujourd'hui privilégiée par de nombreuses organisations pour établir des réseaux d'aires protégées visant une protection adéquate des ressources biologiques (Margules et Pressey, 2000). De



manière générale, pour prendre en compte la diversité biologique ainsi que maintenir et restaurer l'intégrité écologique, cette approche vise, en premier lieu, à représenter au sein d'un réseau d'aires naturelles la variabilité des conditions environnementales d'une région donnée, c'est-à-dire d'inclure des échantillons de tous les éléments biotiques et abiotiques tels que définis dans les classifications écologiques. En second lieu, elle tente de capturer les occurrences d'espèces ou de communautés rares et les sites de haute valeur écologique. Finalement, elle essaie de conserver suffisamment d'habitats pour soutenir des populations viables d'espèces focales qui jouent un rôle déterminant à l'échelle de la région ou qui sont sensibles aux activités humaines (Noss, 2003).

Au cours des dernières décennies, de nombreux exercices de planification de la conservation ont été réalisés pour différentes régions des Basses-terres du Saint-Laurent et des Appalaches (Anderson et coll. 2006; Gratton, 2010; CRRNT-Estrie, 2011; Gratton et Desautels 2012a, 2012b; Coulombe et Nadeau, 2013) et il est possible de référer à ces travaux pour utiliser les **noyaux** déjà reconnus ou suivre la méthodologie permettant de les identifier. S'appuyant sur les travaux d'Anderson (1999; 2001), Corridor appalachien a été le premier à identifier, sur son territoire d'action, des fragments forestiers de plus de 10 km² (carte 2), soit des **noyaux de conservation** suffisamment grands pour préserver les processus naturels qui se déroulent dans la forêt appalachienne, et maintenir les populations viables de nombreuses espèces animales qui en dépendent (Gratton, 2002; Anderson et coll. 2006).

Or, les espèces à grand domaine vital requièrent de grands espaces et une population de 500 individus nécessitent, selon Noss et coll. (1996), des dizaines de milliers de kilomètres carrés. L'évaluation de la connectivité est devenue essentielle à l'établissement d'un **réseau écologique** fonctionnel (Carroll, 2006).

La stratégie de conservation de Corridor appalachien identifie des **corridors naturels** reliant les **noyaux de conservation** afin de favoriser les échanges (migration, dispersion, reproduction, flux génétique) essentiels à la viabilité des espèces qui en dépendent, particulièrement les espèces fauniques à grand domaine vital (Robidoux et Guérin, 2010; Robidoux et Bouthot, 2011).



Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 4 : Une carte illustrant les noyaux et les autres habitats situés de part et d'autre de l'autoroute 10 entre les km 68 et 143 sera produite et comprendra :

- les fragments forestiers;
- les milieux humides;
- les cours d'eau et habitats riverains;
- les aires de concentrations de cerf de Virginie désignées ou déterminées à la suite des plus récents inventaires aériens;
- les **corridors (naturels)** structuraux déjà identifiés;
- les sites d'abattage de gibier;
- toutes autres données suggérant une fréquentation des abords de la route par la faune (inventaires fauniques ou écologiques de propriétés dans l'aire d'étude, données issues du programme de contrôle de la rage, etc.).

Étape 5 – Inventaires complémentaires et interprétation des données

Les données existantes ne sont généralement pas suffisantes ou pas à une échelle adéquate pour orienter la planification, la conception et l'aménagement de **passages fauniques**. La récolte de données sur le terrain et les inventaires dans les secteurs interceptant une connexion entre deux **noyaux** contribuent significativement à diminuer l'incertitude liée à la détermination des **corridors** et à augmenter la probabilité d'établir une **connectivité fonctionnelle** à long terme. L'identification des endroits où la faune traverse avec succès ou non est une étape importante pour déterminer les mesures d'atténuation efficaces.

Étape 5a – Identification des sites à potentiel d'amélioration de la sécurité

Actuellement, les données recueillies pour l'identification des sites à potentiel d'amélioration de la sécurité ne concernent que les accidents routiers impliquant la grande faune. Ainsi, pour que le MTQ mette en place une mesure d'atténuation allant de la signalisation à l'aménagement de **passages fauniques**, il est nécessaire de connaître le moment et la localisation de ces accidents (Peltier, 2012). Deux sources d'informations sont utilisées : les rapports d'accidents et la récolte de carcasses (Peltier, 2012; MTQ, comm. pers).

A) *Système de diagnostic en sécurité routière (DSR)*

Le système DSR constitue actuellement la principale source d'information concernant les accidents avec la faune. Ce système offre des données pour l'ensemble de la province, puisque les policiers l'entretiennent par l'intermédiaire de la Société de l'assurance automobile du Québec. Il permet de localiser les animaux impliqués dans un accident lorsqu'un rapport d'accident est rempli. Il permet aussi d'obtenir l'information sur la gravité de l'accident et sur les victimes. Par contre, les accidents impliquant la faune ne seront pas répertoriés dans le système lorsqu'ils ne font pas l'objet d'un rapport d'accident, ceci étant fréquent lorsque les dommages sont de moins de 2 000 \$. De plus, les données de localisation géographique des accidents qui alimentent le système DSR demeurent approximatives puisqu'elles sont estimées par les policiers à partir de la



borne kilométrique ou d'une intersection, et non par coordonnées GPS. Pour ces raisons, certaines DT complètent et précisent l'information avec les fiches de récupération de carcasses.

B) Données de récupération de carcasses du système monitoring (SMG)

La présence de carcasses d'animaux morts sur l'emprise du ministère des Transports du Québec (MTQ) est rapportée, soit par les citoyens, les partenaires ou le personnel d'entretien. Les équipes d'entretien se déplacent sur les lieux et, si l'animal est sur la route, il sera déplacé sur l'accotement. S'il s'agit de la grande faune (ex. cerf, orignal, etc.), un repère est placé et les travaux de récupération, qui sont donnés à forfait à un remorqueur privé, font en sorte que l'on dispose de l'animal selon les règles en vigueur. Un formulaire est ensuite rempli puis transmis au service concerné. En ce qui concerne les petits animaux, aucun formulaire n'est rempli. La gestion de la saisie des événements dans le système SMG varie d'un centre de services (CS) à l'autre, selon les directives du gestionnaire. La méthode pour colliger les informations concernant la récupération des carcasses dans le système SMG peut varier d'une direction territoriale à une autre. Par exemple, certains CS utilisent un support informatique (tablette informatique) pour colliger les informations sur les lieux de récupération d'une carcasse. Dans d'autres cas, ces informations sont plutôt saisies sur un format papier.

Cette source de données permet de compléter le portrait des zones à risque, mais aussi celui de la mortalité routière de la grande faune puisque les autres espèces ne sont pas récupérées. Toutefois, la cueillette de données sur les carcasses animales procurerait des informations pertinentes pouvant contribuer à la recherche de mesures pour réduire la mortalité de la faune. Il existe une application pour téléphone intelligent pour rapporter des informations sur les observations des carcasses (Garneau, 2012) qui pourrait être facilement adaptée pour le Québec. L'annexe 4 précise la liste des données qui pourraient être recueillies sur les carcasses.

Il n'existe pas de méthode uniforme pour l'identification des sites à potentiel d'amélioration en sécurité routière. Les directions territoriales du MTQ établissent leurs priorités en fonction des niveaux de problématique relatifs à leur territoire.

Les collisions avec des véhicules sont l'un des effets tangibles des routes sur la faune : les conséquences sont très visibles et faciles à comprendre. VTRANS (2012) émet cependant une importante mise en garde : à moins que le but soit uniquement de réduire le nombre de collisions et d'améliorer la sécurité routière, les données recueillies sur les collisions ne sont pas suffisantes pour localiser les corridors fauniques fonctionnels.



Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 5a : Pour intégrer à la planification des passages fauniques les informations pertinentes à la sécurité des usagers et à la mortalité faunique, il sera nécessaire de procéder à :

- l'analyse des rapports de collisions avec la grande faune et la cartographie des sites à potentiel d'amélioration de la sécurité, si cette dernière n'existe pas ou nécessite une mise à jour;
- l'analyse des données sur les carcasses rapportées ou récupérées, si elles existent;
- en l'absence de données sur les carcasses (ou en cas de données incomplètes), la mise en place (ou la bonification) d'un système de collecte de données visant à documenter la mortalité associée aux espèces cibles identifiées à l'étape 3 (voir annexe 4 : Exemple de données).

Étape 5b – Inventaires fauniques

Aussi pour mieux comprendre l'effet de barrière créé par une route, il est préférable d'avoir une connaissance du comportement des animaux préalablement à l'installation d'un **passage faunique**. Une fois validés par des inventaires sur le terrain, les modèles de **corridors** basés sur des données empiriques et simulant les mouvements des animaux permettent d'identifier les meilleurs emplacements pour la construction ou l'aménagement des **passages fauniques** (Clevenger, 2012). Plusieurs techniques d'inventaires fauniques permettent de déterminer où les animaux traversent ou évitent de traverser.

Pistage et indices de présence

Le pistage est une méthode assez commune pour identifier les endroits où les espèces individuelles traversent la route et permet également de documenter le comportement d'évitement. Pour les cervidés, le relevé des pistes en bordure de la route peut être fait, peu importe la saison. Dans le cadre du réaménagement de la route 175 entre Québec et Saguenay, les relevés se sont déroulés entre 2006 et 2010 à raison de 6 à 7 fois par année, à des intervalles de 3 semaines entre mai et septembre (Bouffard et coll. 2012).

Cependant, pour la majorité des mammifères, l'hiver est la saison où le pistage est le plus efficace, le couvert de neige fraîche offrant un substrat idéal pour observer les traces. Pour valider l'utilisation de **corridors** structuraux identifiés par la géomatique sur le territoire de Corridor appalachien, Robidoux et Bouthot (2011) ont utilisé cette méthode. VTRANS (2013) précise que le pistage dans la neige, qui présente l'avantage d'être peu coûteux, permet de récolter des données sur la présence des espèces et de capturer l'amplitude des interactions entre la faune et les routes, tant à proximité qu'à l'écart des infrastructures routières. Par contre, la méthode a des limites :

- elle ne capture pas les pistes des espèces moins actives en hiver (ex. ours noir);
- elle ne renseigne que sur le déplacement de la faune en hiver alors que le comportement à d'autres périodes de l'année est possiblement différent (ex. dispersion des juvéniles, rut);

- elle dépend de la couverture de neige;
- elle ne permet pas nécessairement de déterminer le nombre d'individus ayant laissé les traces;
- elle nécessite un personnel qualifié possédant une bonne connaissance pour l'identification des pistes animales sur le terrain. L'erreur associée à la lecture des pistes peut être élevée.

L'utilisation de trappes de sable ou de tampons encres pour capturer les pistes des animaux est également rapportée dans la littérature. Ces méthodes requièrent beaucoup de temps de terrain et donnent des résultats moins fiables que les caméras à déclenchement automatique (Witmer, 2005; Bédard, 2012).

Caméras à déclenchement automatique

Le coût et la superficie restreinte couverte par les caméras à déclenchement automatique (de type Reconyx) les rendent peu utiles pour détecter les passages d'animaux (Ford et coll. 2009; Huijser et Clevenger, 2011). Par contre, un positionnement stratégique des caméras fait de cette méthode, la moins coûteuse et la plus efficace pour déterminer si une structure est utilisée par la faune. Les images qu'elles procurent ont aussi l'avantage d'influencer positivement le public et leur soutien aux projets de **passages fauniques** (VTRANS, 2012).

Il faut prévoir :

- une période d'essai pour déterminer le positionnement optimal des caméras. Plus il y a de caméras disponibles pour le suivi d'un passage, meilleure est la précision des données obtenues;
- la récupération et le remplacement des cartes mémoires et des piles (aux deux semaines par exemple);
- des boîtiers de sécurité pour les caméras afin de diminuer les risques de vol, surtout si celles-ci sont placées à des endroits fréquentés (par exemple, par piétons, cyclistes, VTT, etc.);
- le temps et les ressources pour l'analyse des photos (ex. il y avait plus de 60 000 photos à analyser en 2012 dans le cadre du projet de suivi des **passages fauniques** petite et moyenne faune de la route 175).

Inventaire aérien

L'inventaire aérien est une technique très efficace qui permet de mesurer directement l'abondance et la répartition de la grande faune comme l'orignal, le cerf de Virginie et le caribou sur des territoires très vastes. Un dispositif de géomatisation des inventaires de la grande faune a été récemment mis au point au Québec (Sebanne et coll. 2011). Quoique la littérature ne fasse pas référence à l'usage d'inventaires aériens pour analyser le déplacement de la grande faune, ceux-ci pourraient s'avérer utiles pour couvrir de grandes distances de part et d'autre des autoroutes et déceler les zones de concentrations situées à proximité.

Capture et télémétrie

Grâce au GPS, la télémétrie satellitaire permet d'obtenir des données périodiques sur la localisation d'animaux individuels équipés de récepteurs et d'étudier leur déplacement sur de vastes territoires. Elle procure des informations détaillées sur les interactions de



la faune avec le réseau routier, l'étendue de leurs domaines vitaux, et même, leurs relations avec d'autres individus. L'analyse des données journalières peut renseigner sur la fréquence des traversées de la route (VTRANS, 2103) à un endroit donné. En ce sens, la télémétrie peut fournir des renseignements intéressants pour l'évaluation de l'effet de barrière d'une route à l'égard de diverses espèces.

De 2005 à 2009, Lesmerises et coll. (2012) ont suivi le comportement de 26 loups équipés de colliers GPS appartenant à 9 meutes différentes dans la réserve faunique des Laurentides, afin d'étudier leur comportement relativement au réaménagement de la route 175. Les résultats ont permis de démontrer que la présence d'activités humaines sur les chantiers influait indéniablement sur le comportement des loups, se manifestant par un évitement plus marqué des routes et une diminution du taux des traversées.

La télémétrie reste cependant une technique coûteuse. D'un point de vue logistique, il est difficile de capturer les animaux et de les équiper d'émetteurs et cela engendre chez eux un important niveau de stress (Clevenger, 2005).

Capture/recapture

Cette méthode est utilisée pour inventorier et documenter le mouvement des petits mammifères, en particulier ceux trop petits pour supporter un transmetteur GPS ou ayant des aires vitales de très petites dimensions. L'animal est marqué, relâché et sa recapture peut fournir de l'information sur ses déplacements (VTRANS, 2012).

Observations citoyennes

Il existe, par ailleurs, diverses initiatives, notamment en Californie (depuis 1981) et au Maine, invitant les citoyens à rapporter leurs observations de carcasses sur les routes (CROS, 2013; Maine Audubon, 2013). Il existe des applications pour téléphone intelligent permettant de rapporter des informations sur les observations de la présence de la faune ou les carcasses (Garneau, 2012). Elles ne sont pas recommandées pour les autoroutes compte tenu des risques d'accident, mais conviennent parfaitement au réseau routier inférieur.

Selon VTRANS (2013), ces initiatives ont le potentiel de permettre de recueillir rapidement un grand nombre de données à un très faible coût. Les données résultent par contre d'observations opportunes plutôt que systématiques. Toutefois, la comparaison de données récoltées ainsi ne différerait pas significativement des celles recueillies par des chercheurs (Paul et coll. 2009).



Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 5b : Il est suggéré que la récolte de données sur l'utilisation faunique des abords de l'autoroute et des traversées effectuées par la faune soit faite via :

- des inventaires aériens, en collaboration avec le MFFP;
- l'élaboration et l'approbation d'un protocole de pistage des espèces ciblées par le comité d'experts;
- le pistage en hiver, selon le protocole établi, dans les secteurs les plus susceptibles d'être utilisés par les espèces ciblées;
- l'installation de caméras à déclenchement automatique sur des sites précis, identifiés à la suite de l'analyse de l'ensemble des données recueillies sur les espèces ciblées grâce aux inventaires aériens et au pistage.

Étape 5c – Évaluation et caractérisation des viaducs et ponceaux existants

Les impacts négatifs des routes sur la connectivité, dont la fragmentation des paysages naturels et la mortalité de la faune causée par les collisions avec les véhicules peuvent être, en partie, atténués par l'amélioration de la **perméabilité** à la faune des routes existantes. Alors que de nouvelles structures spécifiquement conçues pour le passage de la faune offrent la meilleure solution de rechange pour réduire ces impacts, celles-ci sont souvent plus difficiles à justifier sur le plan économique ou comportent des délais de construction. Par contre, parmi les centaines de ponts et de ponceaux faisant déjà partie des infrastructures routières, plusieurs peuvent être, avec de simples modifications, utilisées comme passages sécuritaires pour la faune (Kintsch et Cramer, 2011).

Le système d'évaluation des **passages fauniques** développé par Kintsch et Cramer (2011) et repris par VTRANS (2013) permet d'évaluer, pour chaque structure existante, son potentiel d'utilisation par la faune, en se basant sur l'analyse de ses caractéristiques et de son environnement immédiat. Les attributs décrits lors des inventaires sont présentés à l'annexe 5. Constituées en base de données, les informations recueillies sur les structures permettent d'effectuer des requêtes pour certains attributs spécifiques.



Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 5c : La caractérisation des viaducs et des ponceaux existants permettra d'identifier ceux les plus facilement adaptables pour restaurer ou améliorer leur utilisation par la faune (facilitation des passages fauniques). Pour ce faire, il faudra :

- disposer de la liste détaillée et de la localisation des structures situées entre les km 68 et 143 de l'autoroute 10;
- développer et faire approuver, par le comité d'experts, les critères d'évaluation (voir annexe 5) ainsi qu'un ensemble de mesures de sécurité pour les évaluateurs sur le terrain (abords de l'autoroute);
- procéder aux inventaires dans les secteurs les plus susceptibles d'être utilisés par les espèces ciblées;
- installer des caméras à déclenchement automatique supplémentaires sur des structures identifiées comme les plus adaptables aux passages fauniques;
- analyser les données recueillies par les caméras.

Étape 5d – Caractérisation du contexte paysager

La caractérisation du contexte paysager est réalisée à partir des sources de données existantes concernant le contexte biophysique de l'aire d'étude, de même que son cadre administratif (affectation, zonage, réglementation). Cette étape servira, d'une part, à constituer le canevas de base numérisé pour procéder à l'analyse des corridors et, d'autre part, à fournir de l'information sur les avantages et les contraintes pouvant faciliter leur mise en place, et sur les usages qui pourraient affecter leur fonctionnalité à long terme. Cette caractérisation concerne plus particulièrement :

- l'occupation du sol, c'est-à-dire les types de paysages présents sur le territoire (milieux urbains, milieux protégés ou identifiés comme d'intérêt écologique, milieux affectés à la récréation intensive ou à l'extraction des ressources minières, milieux naturels terrestres et aquatiques, y compris les forêts feuillues, mixtes, résineuses, types de milieux humides, friches, terres agricoles, etc.);
- les zones de contraintes au développement (zones de pentes fortes, d'érosion, d'instabilité, d'inondation, etc.);
- le réseau hydrographique;
- le réseau routier supérieur et inférieur;
- le réseau des sentiers pédestres, pistes cyclables, sentiers de motoneige et de VTT, certaines activités pouvant représenter des contraintes pour certaines espèces;
- le réseau de production et de transport énergétique (lignes électriques, gazoducs, oléoducs, éoliennes);
- la tenure du territoire (publique ou privée);
- les affectations et zonages du territoire, regroupés en fonction des usages actuels permis et projetés.



Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 5d : Une série de cartes sera produite pour caractériser le contexte paysager et constituer la base de l'analyse de moindre coût (voir étape 6) à partir des sources de données existantes, y compris :

- le contexte biophysique de l'aire d'étude;
- son cadre administratif (affectation, zonage, réglementation).

Étape 6 – Analyses de connectivité et de corridors de moindre coût

Pour établir les **corridors naturels**, de nombreuses applications géomatiques ont été développées au cours des dernières années. Les plus récents sont *Corridor Designer* et *Linkage Mapper*. Ces outils se basent sur une **matrice** de résistance pour relier les **noyaux** ou les habitats sélectionnés, en passant par le corridor de moindre coût à la survie de l'espèce, c'est-à-dire ceux offrant le moins de résistance au passage de la faune.

Étape 6a – Matrice de résistance au déplacement

Cette étape consiste à réaliser une analyse multicritère permettant d'illustrer, pour chaque espèce ou guildes d'espèces considérée, une **matrice** (aussi appelé couche matricielle) de résistance au déplacement, où chaque pixel se voit attribuer une valeur ou un pointage correspondant à la probabilité que l'habitat soit utilisé par la faune. Cette valeur est le résultat d'une pondération accordée à chaque critère selon son importance relative pour le déplacement de la faune. Cette importance est évaluée en fonction des connaissances sur les espèces et la consultation d'experts (Jobin et coll. 2013). Cette façon de procéder en faisant appel aux experts est une pratique courante pour les utilisateurs de *Corridor Designer* (Majka et coll. 2007). Parmi les critères les plus couramment sélectionnés pour ce type d'analyse, se trouvent :

- la topographie;
- l'occupation du sol, telle que définie précédemment;
- la taille du milieu naturel;
- l'isolement du milieu naturel;
- la distance d'un cours d'eau, les bandes riveraines des cours d'eau constituant des voies naturelles de déplacement;
- la distance d'une zone anthropique;
- la distance de différentes catégories de routes et de sentiers, ceux-ci pouvant constituer des obstacles variables au déplacement de la faune.

Le résultat de cette analyse multicritère permettra de cartographier les zones offrant le plus de résistance et celles étant les plus propices au déplacement de la faune, qui serviront de base pour l'identification des divers scénarios de **corridors**.



Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 6a : Réalisée en étroite collaboration avec le comité d'experts, l'élaboration des **matrices** de résistance consistera en :

- l'identification des facteurs influant sur les espèces ou les guildes d'espèces sélectionnées et des valeurs de pondération en fonction de leur importance;
- la production des **matrices** de résistance et leur validation par la géomatique avec le logiciel ArcGIS.

Étape 6b – Scénarios de corridors potentiels par espèces ou guildes d'espèces

Pour établir un **corridor**, les points de départ et d'arrivée doivent être spécifiés pour que le modèle puisse identifier les **noyaux** à relier (Steckler et Bechtel, 2013). Les applications géomatiques *Linkage Mapper* et *Corridor Designer* permettent ensuite d'établir, à partir de la couche matricielle de résistance au déplacement de la faune, des tracés (couche vectorielle) de moindre coût (*least-cost path*) reliant les noyaux préalablement sélectionnés (Sanon et coll. 2012). Des paramètres supplémentaires, peuvent être ajoutés pour favoriser le déplacement des différentes espèces (Jobin et coll. 2013) ou pour prendre en compte la présence de **passages fauniques** existants, de structures aménageables et de sites à potentiel d'amélioration de la sécurité. Ces paramètres sont, entre autres :

- la largeur du **corridor**, variable selon l'espèce ou la guildes d'espèces ciblée;
- la distance entre les milieux naturels, variable selon l'espèce ou la guildes d'espèces;
- la concentration de traversées par la faune identifiées lors des inventaires fauniques;
- la présence de **passages fauniques** existants ou de structures routières qui pourraient être aménagées pour faciliter les traversées de la faune;
- les sites à potentiel d'amélioration de la sécurité.

Les **corridors** ainsi produits pour les différentes espèces ou guildes d'espèces sont superposés de manière à en optimiser le nombre, s'il y a chevauchement. Steckler et Bechtel (2013) décrivent un processus permettant d'établir les **corridors** prioritaires. Idéalement, les **passages fauniques** devraient être conçus pour accommoder plusieurs espèces (Clevenger et Huisjer, 2011).



Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 6b : L'identification des scénarios de **corridors** potentiels sera réalisée avec les logiciels *Linkage Mapper* et *Corridor Designer* à partir des **matrices** de résistance. Elle comprendra :

- l'analyse des corridors de moindre coût pour les différentes espèces ou guildes d'espèces sélectionnées, incluant la prise en compte des infrastructures existantes caractérisées à l'étape 5c;
- la validation des **corridors** potentiels par le comité d'experts.

Étape 7 – Validation sur le terrain

Comme pour tous les modèles basés sur les analyses géomatiques de données numériques, une validation finale de l'emplacement des **corridors** sur le terrain est essentielle (Clevenger et Huisjer, 2011). Elle vise, d'une part, à vérifier si l'occupation du sol n'a pas changé depuis la production des couches numériques et, d'autre part, à compléter les inventaires fauniques qui n'ont pu être réalisés au préalable pour diverses raisons.

Un simple survol aérien et la prise de photos obliques permettent de valider rapidement tout changement dans l'occupation du sol. Autre méthode de validation terrain : personnes à pied avec appareils photographiques et identification de tout changement récent à l'occupation du sol avec prise de notes, etc. Pour la validation de l'utilisation par la faune, le pistage et l'utilisation des caméras à déclenchement automatique (voir étape 5b) sont les méthodes les plus appropriées compte tenu des localisations plus circonscrites à inventorier.

Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 7 : La validation du contexte paysager et de l'utilisation par la faune comportera :

- une validation à partir de photos aériennes, d'inventaires sur le terrain d'occupation du sol, et de survol aérien, afin de s'assurer d'avoir des données actualisées pour illustrer le contexte paysager le plus à jour;
- une validation de l'utilisation par la faune (application de la méthodologie présentée à l'étape 5b aux corridors identifiés);
- une consultation auprès des aménagistes et des urbanistes pour tenir compte des projets à court terme (projets de développement résidentiel, commercial ou touristique, ou encore de changement de zonage ou d'affectation qui pourraient affecter la perméabilité du paysage).



Étape 8 – Sélection finale

L'analyse des informations récoltées lors de la validation sur le terrain permettra de sélectionner les corridors fauniques où des mesures d'atténuation de la présence de la route pourraient être mises en place.

Mise en œuvre du protocole pour l'autoroute 10

Étape 8 : La sélection finale des corridors, à la suite de l'analyse des données de validation sur le terrain, fera l'objet de :

- l'approbation du comité d'experts;
- la rédaction d'un rapport final.

4 Analyses des options d'atténuation

Bien que l'objet premier du protocole est d'énoncer les étapes généralement requises pour identifier les **corridors** et les **passages fauniques** de part et d'autre d'une infrastructure routière, les sections qui suivent visent à préciser la nature des aménagements utilisés pour empêcher la faune d'accéder aux abords des routes et lui permettre de traverser de manière sécuritaire les infrastructures routières, de même que les adaptations envisageables pour rendre les ouvrages existants plus perméables à la faune. On pourra se référer aux travaux d'Ostiguy (2006) pour illustrer les différents types d'aménagements et ouvrages.

4.1 Clôtures

Outre la signalisation visant à modifier le comportement des conducteurs, les mesures implantées sont surtout celles qui visent à empêcher la faune d'accéder aux abords des routes (Peltier, 2012). L'utilisation de clôtures a démontré sa grande efficacité pour réduire le nombre de collisions avec la grande faune et améliorer la sécurité des usagers de la route (Houle et Fortin, 2009; Bédard et coll. 2012). L'aménagement des sections de routes clôturées comprend, selon les espèces en cause des sorties d'urgence ou des rampes de fuite, de canalisation ou de déviation.

Le MTQ a, jusqu'à maintenant, investi majoritairement dans des mesures d'atténuation de type clôture d'exclusion (Peltier, 2012). Par contre, un « effet de bout », caractérisé par une augmentation de la fréquentation par les animaux, s'observe parfois et s'expliquerait par le comportement des animaux qui tendent souvent à longer la clôture et à traverser l'emprise routière à l'extrémité de zones clôturées, augmentant ainsi le risque de collisions avec les véhicules (Bédard et coll. 2012). Pour maintenir la **perméabilité** du milieu et éviter l'effet de bout, il est maintenant pratique courante d'intégrer des **passages fauniques** aux infrastructures routières pour favoriser le déplacement de la faune entre les habitats situés de part et d'autre de la route. Ainsi, on trouve aujourd'hui sur le réseau du MTQ plus de 185 km de clôtures métalliques, électriques ou mixtes auxquelles ont été intégrés 39 passages inférieurs pour l'orignal et



le cerf de Virginie, ainsi que 78 rampes de fuite (Peltier, 2012). Ces clôtures à grande faune sont hautes de 2,4 m et généralement constituées de fil de fer tressé dont les mailles sont de 30 cm X 18 cm, donc trop grandes pour empêcher le passage des petits mammifères (Bédard et coll. 2012).

Alors que les clôtures à grande faune peuvent s'étendre sur plusieurs kilomètres, les clôtures à petite faune aménagées par le MTQ sur la route 175 sont plutôt annexées aux passages fauniques afin de guider les animaux jusqu'aux entrées des passages. Les clôtures, hautes de 90 cm, s'étendent sur une distance de 100 m de part et d'autre des passages. Leur base est enfouie dans le sol et une aile perpendiculaire qui longe la clôture oblige les animaux à passer devant l'ouverture du passage. Lorsque ces passages fauniques se trouvent dans des zones clôturées pour la grande faune, la clôture pour la petite faune y est rattachée (Bédard et coll. 2012).

Par ailleurs, dans le sud du Québec, la principale contrainte à l'implantation de clôtures pour la faune réside dans le fait que la grande majorité du territoire est de tenure privée et cet aspect doit être considéré dans la planification de ce type d'aménagement.

4.2 Types de passages fauniques

Des préférences distinctives existent quant à l'utilisation des différents types de passages fauniques (Clevenger, 2012) (Annexe 3). Les passages sont essentiellement de deux types, supérieurs et inférieurs, et selon l'objectif poursuivi, se déclinent en plusieurs formes, dont les principales sont brièvement présentées ci-après. Les détails conceptuels de chacun de ces ouvrages sont décrits dans Clevenger et Huisjer (2011).

4.2.1 Passages supérieurs

Les passages supérieurs sont souvent des passages implantés une fois la construction de la route terminée. Il s'agit d'ouvrages enjambant une route ou une autoroute, tels que les ponts verts et les passerelles.

Pont vert : le pont vert est le plus grand des types de passage faunique. Large de 70 à 100 m, il enjambe les autoroutes préférentiellement situées en position encaissée ou dans les vallées. Il est conçu exclusivement pour le déplacement de la faune et, en raison de son envergure, on peut y restaurer des habitats en continuité avec le paysage adjacent. Il est utilisé par une grande diversité d'animaux de grande et de petite taille et, dans la mesure où l'aménagement de la végétation procure les abris et le couvert requis, il peut être fréquenté par les petits mammifères, l'herpétofaune, les chauves-souris et les oiseaux.

Passerelle faunique : ce type de passage est conçu, à priori, pour la grande faune. Sa dimension plus petite que le pont vert (40 à 70 m) limite la possibilité d'y recréer des habitats aussi élaborés. Cependant, la passerelle peut être utilisée par les petits mammifères, l'herpétofaune, les chauves-souris et les oiseaux, à condition d'y intégrer des aménagements adaptés à leurs besoins.

Passerelle multiusage : bien que décrite par Clevenger et Huisjer (2011), la passerelle multiusage n'est pas recommandée puisque l'utilisation des passages fauniques par l'homme dissuade la faune de les emprunter. La qualité des corridors de



conservation permettant la connectivité de l'habitat repose sur l'absence de dérangement anthropique, autant que possible (Clevenger, 2012). Néanmoins, dans un contexte rural ou urbanisé, ce type de passage destiné à la fois au déplacement de la faune et à un usage anthropique peut s'avérer une option envisageable.

La passerelle multiusage est généralement d'une largeur inférieure à la passerelle faunique (15 à 25 m). Le sentier de randonnée (pédestre, cyclable, équestre) ou le chemin agricole est confiné à un côté de la passerelle, laissant la plus large part à l'utilisation par la faune. Le couvert végétal est aménagé de manière à procurer un écran entre les usagers et la faune. La passerelle multiusage peut être adéquate pour la grande faune et pour les espèces plus généralistes de la moyenne et de la petite faune, habituées à un environnement plus anthropique et aux activités humaines (Clevenger, 2012). On peut penser qu'elle sera davantage fréquentée par la faune en période de faible achalandage ou la nuit.

Passage en canopée : Conçu pour les espèces arboricoles ou semi-arboricoles qui se déplacent principalement dans la canopée, ce passage est destiné aux espèces qui ce meuvent difficilement au sol et qui évitent la traversée de zones non boisées.

4.2.2 Passages inférieurs

Les passages inférieurs sont conçus pour passer sous la route et généralement beaucoup plus économiques à aménager que les passages supérieurs. Ils sont mis en place au moment de la construction ou de la réfection de l'infrastructure routière. Par contre, plusieurs ouvrages ou structures déjà existants peuvent être adaptés pour faciliter le déplacement de la faune.

Viaduc : le viaduc est le plus grand des passages inférieurs. Il n'est habituellement pas construit spécifiquement pour le passage de la faune, mais plutôt pour enjamber les rivières ou les vallons encaissés dans les régions au relief accidenté. La portée et l'ouverture qu'offre généralement cette structure conviennent à une très grande variété d'espèces animales puisqu'au moment de la construction, il est possible de minimiser la perturbation des habitats, de la végétation et des milieux riverains. Dans les endroits perturbés par la construction du viaduc, la restauration des habitats et du couvert végétal en continuité avec les milieux adjacents est recommandée (Clevenger et Huisjer, 2011).

Passage inférieur pour la grande faune : ce type de passage est conçu pour le déplacement de la grande faune. Comme les ongulés préfèrent une bonne visibilité et un dégagement suffisant, la grandeur minimale recommandée par Clevenger et Huisjer (2011) est de 12 m de largeur par 4,5 m de hauteur, bien que le MTQ rapporte, pour la route 175, l'utilisation par les orignaux de passages de dimensions beaucoup plus petites (6 m X 2 m) (Bédard et coll. 2012). Ce passage peut très bien accommoder les mammifères de petite et de moyenne tailles, y compris les carnivores, en particulier si les abords de la structure offrent un couvert végétal en continuité avec les milieux adjacents, et si la présence d'un substrat naturel et des débris végétaux à l'intérieur de la structure en augmente l'hétérogénéité (Clevenger et Huisjer, 2011).

Passage inférieur multiusage : tout comme la passerelle multiusage, le passage inférieur multiusage n'est pas recommandé puisque son utilisation pour des activités anthropiques dissuade la faune de les emprunter. Les espèces généralistes plus



communes dans les environnements urbains utiliseront néanmoins ces structures, en particulier s'il est possible d'y aménager un substrat et un couvert végétal offrant un minimum d'abri.

Passage inférieur avec cours d'eau (aménagement du lit majeur ou du lit mineur) : ce passage est conçu pour convenir à la fois au maintien de caractéristiques hydrologiques du cours d'eau et de l'utilisation des habitats riverains par la faune. Selon sa dimension, ce type d'ouvrage peut être utilisé par la grande faune, mais il est surtout fréquenté par les animaux de petite à moyenne taille, en particulier si l'habitat riverain est maintenu ou si le substrat le long des murs de la structure est adéquat et offre un substrat et un couvert appropriés. Le passage inférieur avec cours d'eau est facilement adaptable pour les amphibiens, les espèces semi-aquatiques et semi-arboricoles (Clevenger et Huisjer, 2011).

Ponceau modifié : les ponceaux routiers sont des structures très fréquentes sur le réseau routier; ils sont érigés pour que la route enjambe les petits cours d'eau et n'incluent généralement pas leurs bandes riveraines. Pour en améliorer leur utilisation comme **passage faunique**, il faut prévoir l'aménagement d'un espace de circulation dégagé ou pied sec d'au moins 50 cm de largeur sur toute la longueur du ponceau. Ce type de passage peut prendre différentes formes : un empierrement, une marche de béton ou un muret contenant un remblai de pierre sur la rive du cours d'eau, si les conditions hydrauliques le permettent, ou des plates-formes en béton, en bois ou en acier d'une largeur minimale de 50 cm aménagées en porte-à-faux sur le côté d'un nouveau ponceau ou d'un ponceau existant, au-dessus du niveau de l'eau et avec une rampe d'accès dont l'inclinaison n'excède pas 30 degrés. Lorsqu'il est possible d'inclure un pied sec dans un ponceau déjà existant sans en modifier la taille et sans nuire au libre écoulement de l'eau, les coûts sont alors très faibles. Le ponceau modifié est utilisé par les petits mammifères terrestres, semi-aquatiques et semi-arboricoles et peut être facilement mis en place à peu de frais sur des ouvrages existants (Clevenger et Huisjer, 2011; Bédard et coll. 2012).

Ponceau sec : le ponceau sec est essentiellement un passage inférieur destiné aux mammifères de petite et de moyenne taille, et sa dimension est variable selon les espèces ciblées, allant de 60 cm à 1,2 m de diamètre. Bédard et coll. (2012) l'utilisent à proximité de ponceaux dédiés à l'écoulement de l'eau, là où l'aménagement d'un pied sec est difficilement envisageable, et Clevenger et Huisjer (2011) recommandent d'y conserver un substrat naturel pour favoriser une plus grande hétérogénéité.

Tunnel pour reptile et amphibien : conçu spécifiquement pour le passage des amphibiens et des reptiles, ce type d'ouvrage doit être aménagé à des endroits où ces animaux sont connus pour se déplacer lors de leur migration vers les sites de ponte ou leurs hibernacles. Il doit répondre aux différents besoins des espèces ciblées, et il est généralement accompagné d'ouvertures grillagées sur le dessus pour augmenter la lumière naturelle et l'humidité ambiante à l'intérieur du tunnel (Clevenger et Huisjer, 2011; Bergeron, 2012).

4.3 Mise en valeur des viaducs et des ponceaux existants

Clevenger et Huisjer (2011) recommandent d'aménager des **passages fauniques** là où la **perméabilité du paysage** est élevée, les corridors fauniques sont connus et où les



perturbations anthropiques sont faibles. Cette règle est tout aussi valable pour la mise en valeur des viaducs et ponceaux existants. La combinaison des analyses géomatiques et de l'évaluation du potentiel des ouvrages existants pouvant facilement être mise à niveau pour procurer des passages à la faune permet d'identifier ceux qui faciliteront le maintien des processus écologiques fonctionnels liés aux déplacements de la faune pour l'alimentation, la reproduction et la dispersion. Kintsch et Cramer (2011) font une brève synthèse des aménagements qui permettent d'adapter les viaducs et les ponceaux afin de les rendre plus attrayants pour la faune.

4.3.1 Éliminer les obstacles au passage de la faune

- Retirer les obstacles au passage de la faune à l'entrée et à l'intérieur des ouvrages, de même qu'à l'approche de la structure, y compris les clôtures et les débris.
- Dégager devant l'entrée des ouvrages la végétation dense qui pourrait nuire au passage de la faune et à la visibilité.
- Installer et entretenir des trappes à sédiments pour prévenir l'ensablement des ponceaux.

4.3.2 Faciliter le mouvement

- Restaurer le couvert végétal ou ajouter des débris ligneux pour procurer des abris sur les rives des cours d'eau situées sous un viaduc.
- Ajouter un passage à sec en rive ou en porte-à-faux dans les ponceaux avec cours d'eau.
- Ajouter du matériel sec sur les enrochements, de manière à créer un substrat plus uniforme et accessible pour les ongulés.
- Remplacer les enrochements par un mur de soutènement constitués de gabions ou de blocs de béton pour élargir la structure et faciliter son aménagement.
- Ajouter un substrat minéral semblable à celui du milieu naturel de part et d'autre du ponceau, à l'intérieur de celui-ci.
- Ajouter des déflecteurs pour retenir le substrat et évacuer l'eau accumulée lors d'écoulements occasionnels.
- Installer des débris ligneux dans la structure pour procurer un abri à la petite faune.
- Lorsque l'érosion fait en sorte que l'extrémité du ponceau est perchée, corriger la sortie en ajoutant des matériaux stables recouverts de substrat naturel.
- Réaménager le substrat à l'entrée et à la sortie du ponceau pour que les structures soient accessibles aux espèces à mobilité réduite.
- Favoriser l'écoulement de l'eau afin d'éviter le maintien d'eau stagnante dans le ponceau ou à ses extrémités.
- Éviter que les polluants et les sédiments de la route se déversent dans les ponceaux.

4.3.3 Réduire les effets dissuasifs

- Reprofiler les talus abrupts ou les murs pour une pente plus douce (2:1).



- Éliminer les perchoirs ou les corniches où les espèces peuvent être ou se sentir observées par un prédateur.
- Éviter l'éclairage près des extrémités des passages.
- Diminuer le bruit de la circulation par l'installation de barrières de bétons au-dessus de la structure.
- Éviter d'aménager des sentiers d'accès au sein des ouvrages ou rediriger les usagers vers des sentiers séparés.
- Ajouter une signalisation pour minimiser les activités humaines dans ou près des passages, mais éviter d'attirer l'attention sur les passages où aucun conflit n'est envisagé.

4.3.4 Améliorer les approches

- Maintenir ou améliorer le couvert végétal naturel dans le terre-plein et le talus de part et d'autre de la structure, en continuité avec les milieux naturels adjacents.
- Planter des arbustes dans le terre-plein et le talus de part et d'autre de la structure, de manière à procurer des abris et isoler les approches du bruit et de la lumière de l'éclairage routier ou des phares de voiture.
- Installer des débris ligneux dans le terre-plein et le talus de part et d'autre de la structure, de manière à diversifier les abris.
- Éviter l'utilisation de toiles de paillage pour contrôler l'érosion. Elles peuvent constituer un piège pour les reptiles.

4.3.5 Installer des clôtures et des barrières

- Ajouter des clôtures ou des murs dans le terre-plein et le talus pour guider les animaux vers l'entrée des structures de part et d'autre.
- Ne pas terminer les clôtures à proximité d'habitats propices à la faune, mais plutôt à la transition vers des endroits inaccessibles (pente forte, falaise) ou inintéressants (terre cultivée, milieu urbain).
- Dans les zones clôturées, ajouter des rampes de fuite.
- Installer des murets de type « New Jersey » avec des ouvertures pour laisser passer la petite faune.
- Remplacer les murets de béton par des garde-fous pour faciliter le passage des animaux.

4.3.6 Ajouter des structures

Au moment de la réfection d'un tronçon de route réputé pour son potentiel d'utilisation comme corridor faunique, et selon l'envergure des travaux requis, prévoir l'aménagement de **passages fauniques** aux cahiers des charges de l'entrepreneur. Ceci pourrait consister à :

- installer un ponceau sec adjacent au ponceau dédié à l'écoulement de l'eau;
- modifier la forme et la dimension du ponceau original et prévoir un pied sec pour augmenter sa capacité comme **passage faunique**;
- mettre hors service d'anciennes routes ou chemin de fer sous une structure pour y aménager un **passage faunique**.



5 Le suivi et la gestion adaptative

Qu'il s'agisse de nouveaux ouvrages ou d'adaptation de structures existantes, leur suivi est essentiel pour en mesurer l'efficacité et procéder, si nécessaire, à des réglages. Les suivis doivent faire partie intégrante de tout projet d'aménagement de **passages fauniques** et se poursuivre bien au-delà de leur mise en place. Les mesures d'atténuation peuvent représenter d'importants investissements selon l'envergure du projet; non seulement est-il judicieux d'assurer la légitimité des dépenses engendrées, mais le suivi permet aux gestionnaires d'améliorer la performance des mesures dans le temps (gestion adaptative) ou dans les projets (Clevenger et Huisjer, 2011).

5.1 Suivi des collisions et de la mortalité routière

En matière de sécurité des usagers et de mortalité routière de la faune, l'analyse des rapports de collision avec la grande faune et des données récoltées sur les carcasses d'animaux morts permet d'évaluer les conséquences des aménagements dans les sites à potentiel d'amélioration de la sécurité (Peltier, 2012). Réalisée de façon récurrente, l'analyse de données plus complètes prises en continu sur les carcasses observées sur le réseau routier permettrait de réagir aux changements dans le patron de déplacement de la faune occasionnée par une modification du contexte paysager ou une variation dans la taille des populations fauniques.

5.2 Suivi de l'utilisation des passages fauniques

5.2.1 Protocole

Le simple constat de l'utilisation des **passages fauniques** par la faune ne suffirait pas pour les considérer comme efficaces. Une fois en place, les **passages fauniques** doivent être suivis et évalués à plus long terme afin de déterminer leur valeur en matière de conservation et de performance sur le plan écologique. Selon Clevenger et Huisjer (2011), un protocole de suivi requiert :

- la définition des buts et objectifs;
- l'établissement des conditions initiales;
- l'identification des questions spécifiques de gestion auxquelles doit répondre le suivi;
- la sélection d'indicateurs;
- l'identification de zones témoins et de zones aménagées;
- le développement des méthodes et la mise en œuvre du suivi;
- l'analyse des résultats et de l'atteinte des objectifs.

5.2.2 Méthodes

Les méthodes de suivi peuvent varier, de simples, selon qu'il s'agit d'évaluer l'utilisation des **passages fauniques** par la faune ou d'investiguer, à complexes, selon qu'il s'agit de



répondre à des questions plus compliquées sur le déroulement des fonctions biologiques au sein d'un paysage régional séparé par une autoroute (Clevenger et Huisjer, 2011).

Pour mesurer l'utilisation des **passages fauniques** par la faune, le suivi des pistes d'animaux a été la méthode prédominante durant plusieurs années, mais le coût de plus en plus faible des caméras à déclenchement automatique et leur entretien facile en font une méthode qui gagne en popularité. Le suivi des **passages fauniques** à l'aide de caméras est aussi efficace que le recensement des pistes et procure un meilleur rapport coûts-bénéfice à long terme (Clevenger, 2012). Cette méthode est celle recommandée par Clevenger et Huisjer (2011) aux agences de transports et elle a été utilisée avec succès par Bédard et coll. (2012) sur la route 175.

Toutefois, l'intérêt pour les biologistes et les gestionnaires de la faune de connaître l'impact du réseau routier et des mesures d'atténuation mises en place sur les fonctions biologiques peut exiger des études plus approfondies. Les méthodes sont alors spécifiquement conçues pour répondre aux objectifs poursuivis dont :

- accroître les échanges génétiques au sein des populations fauniques;
- rencontrer les exigences biologiques des espèces, tels se nourrir, s'abriter et se reproduire;
- permettre aux espèces de se disperser lorsqu'elles ont atteint la maturité ou de recoloniser des habitats après de longues absences;
- permettre aux populations fauniques de se déplacer ou de migrer en réponse aux changements environnementaux et aux perturbations naturelles (ex. feu, sécheresse);
- maintenir à long terme les métapopulations, la stabilité des communautés animales et les processus écologiques.

5.2.3 Durée

Selon Clevenger (2012), les animaux ont besoin de temps pour localiser les nouveaux passages, mais aussi ressentir un certain niveau de sécurité pour les incorporer dans leurs déplacements journaliers ou saisonniers. Il faut prévoir une période d'adaptation aux **passages fauniques**, ce qui rend les suivis à long terme nécessaires. Sur la route 175, le suivi s'est poursuivi sur 5 ans pour la grande faune et sur 3 ans pour la petite faune (Bédard et coll. 2012).

Les suivis, selon les objectifs, peuvent s'échelonner sur plusieurs années. Ceux des **passages fauniques** de Banff se sont déroulés sur 15 ans (Clevenger, 2012).

5.3 La gestion adaptative

La gestion adaptative consiste à bénéficier des enseignements tirés des données empiriques obtenues grâce aux suivis, pour informer la prise de décision dans la planification et la conceptualisation des phases subséquentes d'un projet de **corridors** et de **passages fauniques** sur un tronçon routier. Elle permet de procéder à des modifications aux structures telles que décrites précédemment ou de les identifier au cahier des charges lors de travaux ultérieurs de réfection de la route si les résultats des suivis indiquent par exemple :



- que les caractéristiques d'un **passage faunique** ne facilitent pas le passage d'une espèce ou d'une guildes d'espèces;
- l'inefficacité des clôtures à contrôler l'accès de la faune aux abords de la route;
- un changement dans le type, l'abondance et le comportement de la faune.

Quelle que soit la situation, la gestion adaptative peut avoir des répercussions sur la qualité des mesures d'atténuation et permettre d'économiser sur les coûts de leur mise en place à des étapes ultérieures du projet. Elle requiert toutefois des communications régulières et une collaboration étroite entre les partenaires (Clevenger et Huisjer, 2011).



RÉFÉRENCES

- Anderson, M.G. 1999. *Viability and spatial assessment of ecological communities in the Northern Appalachian Ecoregion*. PhD dissertation. Univ. of New Hampshire. 224 p.
- Anderson, M.G. 2001. *Multiple scale conservation of matrix forest: Thinking inside the blocks*. The Nature Conservancy, Boston, MA.
- Anderson, M. G., Vickery, B., Gorman, M., Gratton, L., Morrisson, M., Maillet, J., Olivero, A., Ferree, C., Morse, D., Kehm, G., Rosalska, K., Khanna, S. et Berstein, S. 2006. *The Northern Appalachian / Acadian Ecoregion: Conservation assessment, conservation status and resource CD*. The Nature Conservancy: Eastern Regional Science, in collaboration with the Nature Conservancy of Canada: Atlantic and Quebec regions.
- Anderson M., Coker, D., Woolmer, G., Vickery B. et Zankel, M. 2011. Staying Connected – Connectivity measures. Terms and Definitions Workgroup. The nature Conservancy and Wildlife Conservation Society, 4 p.
- Beckman, J. P, Clevenger, A. P., Huijser M. P., et Hiffy, J. A. 2010. *Safe passages: Highways, Wildlife and Habitat Connectivity*. Island Press, Washington.
- Bédard, Y. 2012a. La réfection de l'axe routier 73/175 : son histoire, son déroulement et ses enjeux sociaux et écologiques. *Le Naturaliste canadien*, 136 (2) : 3-7.
- Bédard, Y., Alain, E., Leblanc, Y., Poulin M.-A. et Morin, M. 2012b. Conception et suivi des passages à petite faune sous la toute 175 dans la réserve faunique des Laurentides. *Le Naturaliste canadien*, 136 (2) : 66-71.
- Beier, P., Majka, D.R., Newell S., et Garding, E. 2008. *Best management practices for wildlife corridors*. Northern Arizona University, 14 p.
- Bennett, A.F. 2003. *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 254 p.
- Benítez-López, A., Alkemade R. et Verweij, P. A. 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. *Biological Conservation* 143:1307-1316.
- Bergeron, D. 2012. Les enfants à la rescousse des grenouilles tuées sur les routes. *Le Naturaliste canadien*, 136 (2) : 71-75.
- Bisson, C. et Comiré, M. 2013. *Rapport final de l'atelier sur les corridors riverains : outils légaux, financiers et de mobilisation pour une mise en œuvre à l'échelle du bassin versant de la rivière Richelieu*. 22 p. et annexes.
- Boucher, P.O. 2012. *Une stratégie de conservation axée sur la connectivité pour les Laurentides au Québec*. Maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, 87 p.
- Bouffard, M., Leblanc, Y., Bédard Y. et Martel, D. 2012. Impacts de clôtures métalliques et de passages fauniques sur la sécurité routière et le déplacement des orignaux le long de la route 175 au Québec. *Le naturaliste canadien*, 136 (2) : 8-15.

- 
- Boothroyd-Roberts, K., Prairie, M.-P., Sanon, N., Minellei F., et Sokpoh, K. 2012. *Planification opérationnelle des corridors verts Phase 1 (2011-2012)*. Conférence régionale des élus de la Vallée du Haut-Saint-Laurent, 53 p.
- Carroll, C. 2006. Linking connectivity to viable insights from spatially explicit population models of large carnivores. Dans : K.R. Crooks et M. Sanyavan (édit.) *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press, p. 369-389.
- Clevenger, A.P. 2005. Conservation value of wildlife crossings: measures of performance and research directions. *GAIA*, 14 : 124-129.
- Clevenger, A. 2012. Leçons tirées de l'étude des passages fauniques enjambant une autoroute dans le parc national de Banff. *Le naturaliste canadien*, 136 (2) : 35-41.
- Clevenger, A. P. et Huisjer, M. P. 2011. *Wildlife crossing structure handbook design and evaluation in North America*. Central Federal Highway Division, U.S. Department of Transportation, Publication No. FHWA-CFL/TD-11-003, 211 p.
- Coulombe, D. et Nadeau, S. 2013. *Identification des milieux naturels d'intérêt pour la biodiversité : territoire privé du Bas-Saint-Laurent*. Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent, Rimouski, 62 p.
- Commission régionale sur les ressources naturelles et du territoire de l'Estrie. 2011. *Portrait des milieux naturels d'intérêt pour la biodiversité en Estrie*. 46 p.
- Crête D'Avignon, S., Dancause, V., Poulin, J., Robidoux, C. et Hone, F. 2006. *Développement d'outils de planification pour la conservation des milieux naturels dans le territoire du Corridor appalachien*. Corridor appalachien, 92 p.
- CROS. 2013. *California Roadkill Observation System*. [En ligne] URL : www.wildlifecrossing.net/california/doc/about_cros. Consulté le 11 octobre 2013.
- Fahrig, L. et Rytwinski, T. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1): 21. [En ligne] URL : www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/. Consulté le 12 septembre 2013.
- Ford, A.T., Clevenger A.P. et Bennett, A. 2009. Comparison of non invasive methods for monitoring wildlife crossing structures on highways. *Journal of Wildlife Management*, 73: 1213-1222.
- Foman, R.T.T. 1998. Road Ecology: A solution for the giant embracing us. *Landscape Ecology*, 13: 3-5.
- Gonzalez, A., Albert, C., Rayfield, B., Dumitru, M., Dabrowski, A., Bennett, E., Cardille J. et Lechowicz, M. 2013. *Corridors, biodiversité, et services écologiques : un réseau écologique pour le maintien de la connectivité et une gestion résiliente aux changements climatiques dans l'ouest des Basses-Terres du Saint-Laurent*. Université McGill et Centre de la science sur la biodiversité du Québec, Project 554014, 72 p.
- Garneau, D. 2012. *Smartphone Apps for Wildlife Observations*. [En ligne] URL : <https://sites.google.com/site/daniellegarneau/home/smartphone-apps-for-wildlife-observations>. Consulté le 11 octobre 2013.

- 
- Gratton, L. 2002. Le projet du corridor appalachien. Une stratégie de conservation transfrontalière. *Le naturaliste canadien*, 127 (1) : 101-105.
- Gratton, L. 2010. *Plan de conservation de la Vallée du Saint-Laurent et du lac Champlain*. La Société canadienne pour la conservation de la nature, région du Québec, Montréal, Québec, Canada, 150 p.
- Gratton, L., Monticone, K., Pelletier-Gilbert H. et Giguet, S. 2010. *Le plan de conservation de l'aire naturelle du Corridor Forillon*. Conservation de la nature du Canada, région du Québec, 44 p.
- Gratton, L. et Desautels, P. 2012a. *Milieus naturels d'intérêt pour la biodiversité de la Montérégie Est*. Conférence régionale des élus de la Montérégie Est, 65 p.
- Gratton, L. et Desautels, P. 2012b. *Milieus naturels d'intérêt pour la biodiversité de la Vallée du Haut-Saint-Laurent*. Conférence régionale des élus de la Vallée du Haut-Saint-Laurent, 52 p.
- Groves, C. 2003. *Drafting a conservation blueprint: A practitioner's guide to planning for biodiversity*. Island Press. Washington, DC, 457 p.
- Houle, M. et Fortin, D. 2009. *Identification des mesures de mitigation pour réduire les accidents routiers avec les cervidés*. Université Laval pour le ministère des Transports du Québec, Québec, 133 p.
- Jaeger, J. A. G., Bowman, J., Brennan, J., Fahrig, L., Bert, D., Bouchard, J., Charbonneau, N., Frank, K., Gruber, B. et Tluk von Toschanowitz, K. 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modeling*, 185: 329–348.
- Jaeger, J. A. G., Bélanger-Smith, K., Paspaliaris, M.-H., Hovington, É., Pachmann, G., et Clevenger, A. 2013. *Suivi de l'efficacité des passages à petite et moyenne faune sur la route 175*. Bulletin No. 2, mars 2013, 11 p.
- Jobin B., Langevin, R., Allard, M., Labrecque, S., Dauphin, D., Benoit M. et Aquin, P. 2013. *Évaluation d'une approche d'analyse du paysage pour planifier la conservation des habitats des oiseaux migrateurs et des espèces en péril dans l'écozone des Plaines à forêts mixtes : étude de cas au lac Saint-Pierre*. Série de rapports techniques no 527. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Québec. 74 p. et annexes.
- Kintsch, J. et Cramer, P. 2011. *Permeability of existing structures for wildlife: developing a passage assessment system*. Washington State Department of Transportation, Research Report No. WA-RD 777.1, 63 p.
- Leblond, M., Frair, J., Fortin, D., Dussault, C., Ouellet J.-P. et Courtois, R. 2011. Assessing the influence of resource covariates at multiple spatial scales: an application to forest dwelling caribou faced with intensive human activity. *Landscape Ecology*, 26 :1433-1446.
- Lesmerises, F., Dussault C. et St-Laurent, M.-H. 2012. Réponses du loup gris au réseau routier et à la présence d'un important chantier de construction. *Le naturaliste canadien*, 136 (2) : 29-34.

- 
- Maine Audubon. 2012. *Wildlife Road Watch*. [En ligne] URL : <http://www.wildlifecrossing.net/maine/>. Consulté le 11 octobre 2013.
- Majka, D., Beier P. et Jenness, J. 2007. *CorridorDesigner ArcGIS Toolbox Tutorial*. Environmental Research, Development and Education for the New Economy (ERDENE) initiative from Northern Arizona University, 25 p.
- Margules, C. R., et Pressey, R. L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405:243.
- Meiklejohn, K., Ament R. et Tabor, G. 2010. *Habitat corridors and landscape connectivity: Clarifying the terminology*. Bozeman, Montana, USA: Center for Large Landscape Conservation.
- Ministère des Transports du Québec. 2010. *Collisions avec la grande faune sur le réseau routier supérieur, région de l'Estrie*. Fiche de promotion environnementale, direction de l'Estrie, FPE-03.
- Ministère des Transports du Québec. 2013. Grande faune. [En ligne] URL : www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/grand_public/vehicules_promenade/secure_routiere/grande_faune. Consulté le 20 septembre 2013.
- Ministère des Transports du Québec. 2012. *Manuel d'inventaire des structures*. Version préliminaire, janvier 2012. Ministère des Transports du Québec. 404 pages.
- Nature-action Québec et la Fondation Suzuki. 2012. *Une ceinture verte grandeur nature : un grand projet mobilisateur pour la région de Montréal*. Fondation Suzuki et Nature-Action Québec, 47 p.
- Noss, R.F., Quigley, H.B., Hornocker, M.G., Merrill, T. et Paquet, P.C. 1996. Conservation biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology* 10(4):949-963.
- Noss, R. F. 2003. A checklist for wildlands network designs. *Conservation Biology* 17:1270-1275.
- Ostiguy, T. 2006. *États des connaissances actuelles et réalisations récentes en gestion de la faune le long des routes au Québec : étude de cas des deux chantiers majeurs sur le territoire de la direction de la Capitale-Nationale du ministère des Transports du Québec*. 36 p. et annexes.
- Paul, K., Graham, J., Broberg, L., Quinn, M.S. et Huijser, M. 2010. "Can citizen science represent wildlife activity along highways? Validating a monitoring program." Pg 130-132 in *Proceedings of the 2009 International Conference on Ecology and Transportation*. Edited by Paul J. Wagner, Debra Nelson, and Eugene Murray. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, 2010.
- Peltier, J. 2012. Incidence et prévention des accidents routiers impliquant la grande faune sur le réseau du ministère des Transports du Québec. *Le naturaliste canadien*, 136 (2) : 89-94.
- Perrotte Caron O., Varady-Szabo H. et Malenfant, A. 2012. *Portrait de l'organisation spatiale du territoire forestier gaspésien définie d'après la mesure de l'intensité*



- de la fragmentation et de la connectivité des forêts. Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles, Gaspé. 59 p.
- Robidoux, C. et Guérin, J.-R. 2010. *Identification et validation des corridors naturels du territoire du Corridor appalachien Phase 2 (2009-2010)*. Corridor appalachien, 22 p.
- Robidoux, C. et Bouthot, G. 2011. *Validation des corridors naturels sur le territoire du Corridor appalachien. Phase 2 (2010-2011)*. Corridor appalachien, 61 p.
- Rudnick, D. A., Ryan, S. J., Beier, P., Cushman, S. A., Dieffenbach, F., Epps, C. W., Gerber, L. R., Hartter, J., Jenness, J. S., Kintsch, J., Merenlender, A. M., Perkl, R. M., Preziosi, D. V. et Trombulak, S. C. 2012. The role of landscape connectivity in Planning and implementing conservation and restoration priorities. The Ecological Society of America. *Issues in Ecology*, Report Number 16, 20 p.
- Sanon, N., Sokpoh, K., Prairie M.-P. et Boothroyd-Roberts, K. 2012. *Planification opérationnelle des corridors verts. Démarche de modélisation des tracés de corridors*. Conférence régionale des élus de la Vallée du Haut-Saint-Laurent, 31 p.
- Sebbane, A., Paquin, L., Bélanger M. et Lefort, S. 2011. *Géomatisation des inventaires aériens de la grande faune. Guide d'utilisation des outils ArcPad pour les inventaires aériens de la grande faune*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats. 59 p.
- Steckler, P. et Bechdtel, D. 2013. *Staying connected in the Northern Appalachians, Northeast Kingdom to Northern New Hampshire linkage: Implementation plan to maintain and enhance landscape connectivity for wildlife*. New Hampshire chapter of The Nature Conservancy, Concord, NH, 74 + appendices.
- Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein K. et Merriam, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68(3): 571-573.
- Taylor, P.D., Fahrig L. et With, K.A. 2006. Landscape connectivity: a return to the basics. *Connectivity Conservation* (eds K.R. Crooks & M. Sanjayan), pp. 29-43. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tewksbury, J.J., Levey, D.J., Haddad, N.M., Sargent, S., Orrock, J.L., Weldon, A., Danielson, B.J., Brinkerhoff, J., Damschen, E.I. et Townsend, P. 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Ecology*, 99 (20):1223-1226.
- Trombulak, S.C. et Frissell, C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14, 18-30.
- VTRANS, 2012. *Vermont transportation and habitat connectivity guidance document*. Vermont Transportation Agency, 98 p.
- White, P.A. 2007. *Getting up to speed. A conservationist's guide to wildlife and highways*. Defenders of Wildlife, 285 p.
- Witmer, Gary W. 2005. Wildlife population monitoring: some practical considerations. *Wildlife Research* 32 : 259-263.



Worboys, G. L., Francis W. L. et Lockwood, M. 2010. *Connectivity conservation management: A global guide*. London, United Kingdom: Earthscan.



Annexe 1. Glossaire

L'objet de l'annexe 1 est d'assurer qu'un langage commun et qu'un usage constant des termes soient utilisés dans ce rapport. Il est inspiré des travaux d'Anderson et coll. (2011), Meiklejohn et coll. (2010) et Worboys et coll. (2010).

Connectivité à l'échelle du paysage : Le degré selon lequel les composantes similaires d'un paysage, telles que des fragments d'habitats ou de végétation naturelle, sont reliées entre elles facilitant ainsi le déplacement d'espèces ciblées et le déroulement de processus écologiques.

Connectivité fonctionnelle : Le degré selon lequel le paysage permet le déplacement d'une espèce ciblée ou le déroulement d'un processus écologique dans la mesure où toutes les autres conditions sont remplies.

Connectivité structurelle : Le degré selon lequel les composantes similaires d'un paysage, telles que des fragments d'habitats ou de végétation naturelle, sont physiquement reliées entre elles.

Corridor (naturel) : Les composantes d'un paysage qui procurent un couloir continu ou quasi continu facilitant le déplacement des espèces ciblées, ou le déroulement des processus écologiques, entre les **noyaux** d'habitats.

Corridor pas-à-pas (ou en pierres de gué) : Petits fragments d'habitats intacts situés entre deux **noyaux** et qui procurent un abri et des ressources pour soutenir les espèces ciblées qui se déplacent dans le paysage, mais ne sont pas de taille ou de qualité suffisante pour constituer des **noyaux de conservation** pour ces espèces.

Couloir de déplacement (ou structurel) : Une aire avec suffisamment de connectivité structurelle pour fonctionner comme un corridor d'habitats.

« Hotspot » de biodiversité : Une aire à haute valeur écologique située à l'intérieur ou à l'extérieur d'un **noyau** et qui, indépendamment de sa superficie, joue un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité à l'échelle locale, régionale ou nationale.

Lien à l'échelle du paysage : Aire d'une grande importance pour la connectivité entre deux **noyaux de conservation** à l'échelle du paysage ou d'une région, et où la **connectivité structurelle** est menacée de disparaître.

Matrice : le paysage autour des **noyaux** et entre ceux-ci, dont l'état d'origine pourrait être altéré par divers usages, ou dont le couvert est déjà dominé par des habitats semi-naturels ou anthropiques dans lesquels les fragments d'habitats et les corridors sont imbriqués.

Noyau (de conservation) : Une aire ayant une taille suffisante, un couvert naturel adéquat et une qualité acceptable pour servir d'habitat source pour la majorité ou pour toutes les espèces caractéristiques d'une région. Les noyaux de



conservation contribuent à assurer le maintien de populations d'espèces représentatives de la région naturelle et abritent des écosystèmes suffisamment grands pour résister aux perturbations naturelles.

Passage faunique : Une infrastructure conçue pour permettre à une ou plusieurs espèces de traverser une route en sécurité.

Perméabilité à l'échelle du paysage : Le degré selon lequel un lien à l'échelle du paysage, composé d'une variété de milieux naturels, semi-naturels ou développés, permet de maintenir les processus écologiques et de faciliter le déplacement de plusieurs espèces. La perméabilité à l'échelle du paysage est fonction de la continuité du couvert naturel, de la résistance offerte par les barrières naturelles et anthropiques et de la configuration spatiale des usages sur le territoire.

Réseau écologique : Un réseau cohérent et interconnecté de composantes naturelles et semi-naturelles du paysage, y compris des aires protégées, des **noyaux**, des **zones tampons**, des « **hotspots** » de biodiversité et des **corridors** organisés spatialement et gérés dans le but de maintenir ou de restaurer les processus écologiques, de manière à conserver la biodiversité et à favoriser l'utilisation durable des ressources naturelles.

Tronçon de route prioritaire : Une section de route qui intercepte un **couloir de déplacement** ou un corridor d'habitats où la qualité et la **perméabilité du paysage** sont élevées, et où la principale contrainte potentielle au déplacement des espèces est la route. Cette section de route devient prioritaire pour les projets de restauration de connectivité ou de mitigation d'entraves à la connectivité, en raison de son degré d'imperméabilité et de son importance connue ou modélisée pour le déplacement d'une ou de plusieurs espèces.

Zone tampon : Une aire aux usages multiples mais gérée de manière à protéger les **noyaux** des influences et des impacts directs des activités humaines, et à réduire le contraste entre les écosystèmes des **noyaux** et les zones périphériques altérées par une utilisation anthropique. La zone tampon peut servir pour la reproduction de certaines espèces ou d'habitats de dispersion utiles à plusieurs espèces. Les zones tampons permettent la pratique d'activités humaines compatibles avec le maintien de l'intégrité écologique des **noyaux de conservation**.

Annexe 2. Noms scientifiques des espèces mentionnées dans le texte



Nom français	<i>Nom scientifique</i>
Castor	<i>Castor canadensis</i>
Cerf de Virginie	<i>Odocoileus virginianus</i>
Couguar	<i>Felis concolor</i>
Coyote	<i>Canis latrans</i>
Dindon sauvage	<i>Meleagris gallopavo</i>
Écureuil gris	<i>Sciurus carolinensis</i>
Écureuil roux	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>
Gélinotte huppée	<i>Bonasa umbellus</i>
Grand polatouche	<i>Glaucomys dabrinus</i>
Hermine	<i>Mustela erminea</i>
Lièvre d'Amérique	<i>Lepus americanus</i>
Loutre de rivière	<i>Lutra canadensis</i>
Lynx roux	<i>Lynx rufus</i>
Martre d'Amérique	<i>Martes americana</i>
Marmotte	<i>Marmota monax</i>
Mouffette rayée	<i>Mephitis mephitis</i>
Opossum d'Amérique	<i>Didelphis virginiana</i>
Orignal	<i>Alces alces</i>
Ours noir	<i>Ursus americanus</i>
Pékan	<i>Martes pennanti</i>
Petit polatouche	<i>Glaucomys volans</i>
Porc-épic	<i>Erethizon dorsatum</i>
Rat musqué	<i>Ondatra zibethicus</i>
Raton laveur	<i>Procyon lotor</i>
Renard roux	<i>Vulpes vulpes</i>
Tamia rayé	<i>Tamias striatus</i>
Vison d'Amérique	<i>Mustela vison</i>

Annexe 3. Attributs des guildes de mobilité des espèces (modifiés de Kintsch et Cramer [2011] et VTRANS, 2012)

Guilde de mobilité	Espèces	Attributs des espèces	Attributs des passages préférés	Structures préférées
Espèces de petite taille à mobilité réduite	Crapaud d'Amérique, grenouilles, salamandres, couleuvres	Espèces de petite taille se déplaçant tranquillement et nécessitant parfois des conditions particulières incluant un substrat naturel, de la lumière, un certain niveau d'humidité ou de température.	Les passages doivent procurer des conditions spécifiques aux espèces et constantes tout le long du passage. Les espèces de cette guilde se trouvent souvent à proximité de l'eau, mais préfèrent des passages allant de secs à humides plutôt qu'un ponceau dédié à l'écoulement de l'eau.	Passage supérieur végétalisé, tunnel ajouré, ponceau sec de béton armé ou de métal avec un fond recouvert de substrat naturel
Espèces de petite taille à moyenne taille de mobilité modérée	<i>Espèces terrestres :</i> Renard roux, lièvre d'Amérique, lapin à queue blanche, mouffette, belettes, hermine, marmotte, tamia rayé, campagnols, souris, musaraignes, taupes <i>Espèces semi-aquatiques :</i> loutre de rivière, vison d'Amérique, castor, rat musqué, tortues <i>Espèces semi-arboricoles :</i> raton-laveur, porc-épic, martre d'Amérique, opossum, dindon	Animaux pouvant s'adapter à une variété de dimensions ou de types de structures. La majorité de ces espèces sont la proie de plus grandes espèces et requièrent un certain niveau de couvert pour se sentir à l'abri des prédateurs lorsqu'elles accèdent aux passages.	Les passages fauniques incluent une variété de dimensions et de types de structures. Ces espèces, même celles qualifiées de semi-aquatiques, préfèrent des structures allant de sèches à humides plutôt qu'un ponceau dédié à l'écoulement de l'eau. Le cas échéant, elles utiliseront les structures où à l'intérieur du ponceau d'eau aura été aménagé en rive un espace de circulation dégagé qu'il s'agisse d'un empièchement, d'une surface artificielle ou d'une plate-forme au-dessus du niveau de l'eau et avec une rampe d'accès.	Passage inférieur de dimensions variées avec accès végétalisé (viaduc ou ponceau); passage supérieur végétalisé (pont vert ou passerelle)

Guide de mobilité	Espèces	Attributs des espèces	Attributs des passages préférés	Structures préférées
	sauvage, gélinotte huppée			
Espèces ubiquistes à mobilité élevée	Ours noir, lynx roux, coyote, pékan	Comme ces espèces utilisent naturellement des endroits clos comme tanières, elles tolèrent bien un certain niveau de fermeture du milieu donc une moins grande visibilité.	La dimension des structures utilisées par ces espèces est proportionnelle à leur taille. Elles préfèrent cependant que l'accès aux passages fauniques soit représentatif des habitats qu'elles fréquentent normalement.	Passage inférieur de dimensions variées avec accès végétalisé (viaduc et ponceau); passage supérieur végétalisé (pont vert et passerelle)
Grands carnivores à mobilité élevée	Cougar	Cette espèce de très grande mobilité requiert une bonne visibilité.	Contrairement aux espèces ubiquistes, cette espèce préfère les structures ouvertes ou à grand dégagement.	Passage inférieur de grande dimension (viaduc); passage supérieur végétalisé (pont vert ou passerelle)
Ongulés à mobilité élevée	Cerf de Virginie, orignal	Les ongulés requièrent une très bonne visibilité. Ils fréquentent naturellement des habitats ayant un bon couvert forestier, mais utilisent également des milieux ouverts à la lisière des boisés.	Les passages fauniques pour les ongulés doivent offrir une excellente visibilité tant à l'intérieur qu'à la sortie de la structure. Bien qu'ils préfèrent un substrat naturel, ils utiliseront des structures de béton.	Passage inférieur de dimension moyenne à grande (viaduc ou grand ponceau); passage supérieur végétalisé (pont vert ou passerelle)
Espèces arboricoles	Écureuil roux, écureuil gris, grand polatouche, petit polatouche	Ces espèces se déplacent prioritairement dans la canopée plutôt qu'au sol où elles sont plus vulnérables aux prédateurs.	La structure doit offrir un passage au niveau de la canopée au-dessus de l'infrastructure routière.	Passerelle en canopée
Espèces aviaires et mammifères volants	Passereaux, rapaces, sauvagine, chauve-souris	Ces espèces effectuent la majorité de leurs déplacements en volant.	La structure vise essentiellement à faire dévier la trajectoire des espèces aviaires qui traversent les infrastructures routières.	Passage supérieur végétalisé (pont vert ou passerelle)

Annexe 4. Exemples de données recueillies sur les carcasses d'animaux (Garneau, 2012)

Note : Cette liste est fournie à titre indicatif et le choix des critères est flexible, selon les projets ou les cas de figure.

CRITÈRE	LISTES D'ATTRIBUTS					
Date de l'observation						
Nom de l'observateur						
Numéro de la route						
Numéro d'identification de la carcasse						
Groupe d'espèce	mammifère	oiseau	amphibien	reptile		
Espèce animale	non identifiable	inconnue	Nom de l'espèce :			
Sexe de l'animal	femelle	mâle	inconnu			
Catégorie d'âge	jeune	adulte	inconnu			
Numéro des photos						
Borne de kilométrage						
Nom du point de référence du GPS						
Latitude en projection NAD 83						
Longitude en projection NAD 83						
Direction de la voie	ouest	est	nord	sud		
Y a-t-il eu des précipitations dans les dernières 24 heures ?	oui	non				
Température (°C) au moment de l'observation						
Heure d'observation						
Description des habitats de provenance/destination	boisé	milieu humide	friche	agricole	commercial	autre
Distance du cours d'eau le plus proche						
Limite de vitesse sur ce tronçon de route						
Configuration de la route	droite	courbe				
Type de structure (# de structure : voir liste*)						

Adaptation du formulaire pour le cas de l'autoroute 10, selon les champs d'information du système de monitoring du MTQ :

CRITÈRE	LISTES D'ATTRIBUTS						
Numéro de l'anomalie (carcasse)	...						
Numéro de route/tronçon/section/chaînage*	...						
Latitude en projection NAD 83*	...						
Longitude en projection NAD 83*	...						
Municipalité	Sherbrooke	Omerville	Magog	Austin	Eastman	...	
Centre de services	CS Sherbrooke	CS Magog	CS Foster				
Date et heure du relevé	...						
- Nom de l'observateur (relevé)	...						
Date et heure de la prise en charge	...						
- Nom de l'observateur (prise en charge)	...						
Emplacement	accotement	accotement à droite	accotement à gauche	...	...		
Récupérateur contacté	...						
Type animal**	ours	orignal	chevreuil	petit animal**			
État	vivant	blessé	mort				
Température extérieure	...						
Mémo**	...						
Numéro de photo (s)	...						

* Les coordonnées GPS relevées sur le terrain sont automatiquement transformées en route/tronçon/section/chaînage lors du téléchargement des données dans le système de monitoring du MTQ. Néanmoins, les coordonnées précises du relevé peuvent être retracées au besoin.

** Dans le champ « Type animal », lorsque l'attribut « petit animal » est sélectionné, des notes devront être ajoutées dans le champ « Mémo » concernant l'identification de l'espèce en question. Exemple d'info à entrer dans le champ « Mémo » : lynx roux / coyote / pékan / martre / loutre / vison / espèce inconnue.

Annexe 5. Critères d'évaluation des structures existantes à des fins de passages fauniques

Note : Cette liste est fournie à titre indicatif et le choix des critères est flexible, selon les projets ou les cas de figure.

Date de l'observation :	Nom des observateurs :				
Numéro de la route :	Numéro d'identification de la structure :				
Repère kilométrique :					
Nom du point de référence GPS :	Latitude (en NAD 83) :		Longitude (en NAD 83) :		
Direction de la voie :	ouest	est	nord	sud	
Numéro des photos :					
Nom de la structure, si désignée :					
Type de structure (voir liste*) :	# de structure :	Commentaires sur la structure :			
Matériau constituant la structure :	béton	acier	bois polyéthylène		
Présence de murs parafeuilles :	non	oui			
Position de la structure sur le talus :	s.o.	bas de pente	mi-pente	haut de pente	
Hauteur de la structure (m) :	Largeur de la structure (m) :		Longueur de la structure (m) :		
Pente de la structure en degrés :	plane	< 30 degrés		> 30 degrés	
Présence d'un espace de circulation?	non	oui, en tout temps : plancher	oui, en tout temps : tablette	oui, une partie de l'année : bande de sol exondée franchissable à l'étiage, mais pas en période de crue	
Texture du substrat dans l'espace de circulation :	substrat fin	enrochement	métal	béton	pavage s.o.
Largeur de l'espace de circulation :	< 50 cm	50 cm à 1,5 m	1,5 m à 3 m	3 à 5 m	5 à 15 m s.o.
Longueur de l'espace de circulation :	< 2 m	> 2 m	s.o.		
La structure offre-t-elle une visibilité depuis ses extrémités?	non	complète	partielle		
La luminosité à l'intérieur de la structure contraste-t-elle avec l'extérieur?	faible contraste	haut contraste	s.o. (nuit)	s.o. (météo défavorable)	
L'entrée de la structure est-elle obstruée?	non	blocs (> 50 cm)	pierres (< 50 cm) clôture		
L'entrée de la structure est-elle perchée?	non	< 15 cm	> 15 cm		

Y a-t-il un garde-fou au-dessus de la structure?	non	oui : ouvert (prendre une photo)		oui : New Jersey		oui : glissière de sécurité	
Y a-t-il un cours d'eau permanent dans la structure?	non	< 1 m de profondeur	1 à 3 m de profondeur	> 3 m de profondeur			
S'il y a un cours d'eau, y a-t-il un radier à la sortie de la structure pour minimiser l'érosion?	non	oui : pierres	oui : métal	oui : béton			
Y a-t-il une voie de circulation dans la structure?	non	voie ferrée	route pavée	route non pavée	sentier pavé	sentier non pavé	
Y a-t-il un couvert végétal ou des débris végétaux à l'intérieur de la structure?	non	débris, souches et billots	troncs	herbacées	herbacées et arbustes	arbustes et arbres	
Y a-t-il un couvert végétal ou des débris végétaux entre l'infrastructure et le milieu de provenance/destination?	Pas de végétation :	débris, souches et billots	troncs	herbacées	herbacées et arbustes	arbustes et arbres	
Largeur de la zone entre l'infrastructure et le milieu de provenance/destination :	< 5 m	5 à 10 m	10 à 15 m	> 15 m			
Pente de la zone entre l'infrastructure et le milieu de provenance/destination :	faible (0 à 15 %)	moyenne (16 à 39 %)	forte (40 % et +)	Cette zone est-elle entretenue?		non	oui
La zone entre l'infrastructure et le milieu de provenance/destination est-elle utilisée?	non	VTT/motoneige	randonnée	autre :			
Y a-t-il un talus au-dessus/de part et d'autre de l'infrastructure?	non	< 4 m	> 4 m				
Pente du talus	faible (0 à 15 %)	moyenne (16 à 39 %)	forte (40 % et +)	Le talus est-il entretenu?		non	oui
Le talus est-il utilisé?	non	VTT/motoneige	randonnée	autre :			
Occupation du sol au-delà de l'emprise :	boisé	milieu humide	friche	agricole	résidentiel	commercial	autre :
Clôture de limite de l'emprise :	intacte (hauteur =)	écrasée/abîmée (h =)		absente			
Indices de présence faunique :							
Notes/commentaires :							

* **Types de structures** (MTQ, 2012): Entrer le numéro de structure dans les formulaires concernés :

Manuel d'inventaire des structures

10 PONCEAU

- 11 Dalle en béton armé
- 12 Portique en béton armé
- 13 Ponceau rectangulaire en béton armé
- 14 Ponceau circulaire en béton armé
- 15 Ponceau circulaire en acier
- 16 Ponceau circulaire en polyéthylène
- 17 Ponceau elliptique en acier
- 18 Ponceau arqué en acier
- 19 Ponceau voûté en béton armé
- 20 Ponceau voûté en acier
- 21 Ponceau en bois



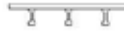
30 PONT À DALLE ÉPAISSE

- 31 Dalle pleine en béton armé
- 32 Dalle pleine en béton précontraint
- 33 Dalle évidée en béton armé
- 34 Dalle évidée en béton précontraint
- 35 Portique en béton armé
- 36 Portique en béton armé, sous remblai
- 37 Portique en béton précontraint
- 38 Pont à béquilles, en béton armé
- 39 Pont à béquilles, en béton précontraint



40 PONT À POUTRES À ÂME PLEINE (SUITE)

- 41 Poutres en béton armé
- 42 Poutres en béton précontraint, préfabriquées
- 43 Poutres en béton précontraint, coulé en place
- 44 Poutres en acier
- 45 Pont acier-bois
- 46 Poutres en bois
- 47 Portique en béton armé
- 48 Portique en béton armé, sous remblai
- 49 Portique en acier



40 PONT À POUTRES À ÂME PLEINE (SUITE)

- 50 Pont à béquilles, en béton armé
- 51 Pont à béquilles, en acier
- 52 Poutres en acier, enrobées de béton



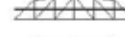
55 PONT À POUTRES-CAISSONS

- 56 Poutres-caissons en béton armé
- 57 Poutres-caissons en béton précontraint
- 58 Poutres-caissons en acier



60 PONT À POUTRES TRIANGULÉES

- 61 À tablier inférieur, en acier
- 62 À tablier intermédiaire, en acier
- 63 Type pony-warren, en acier
- 64 Type bailey, en acier



- 65 À tablier supérieur, en acier



- 66 En bois



- 67 Pont couvert



70 PONT EN ARC

- 71 À tablier inférieur, en béton armé
- 72 À tablier inférieur, en acier
- 73 À tablier intermédiaire, en béton armé
- 74 À tablier intermédiaire, en acier
- 75 À tablier supérieur, en béton armé
- 76 À tablier supérieur, en acier
- 77 À tablier supérieur, en bois



80 PONT À CÂBLES

- 81 Pont suspendu
- 82 Pont à haubans



85 PONT MOBILE

- 85 Pont mobile: levant, tournant, basculant



90 AUTRES TYPES D'OUVRAGES

- 94 Tunnel
- 97 Mur
- 98 Station de pompage



Figure 2.2-2 Types de structure

