

LES CORRIDORS BIOLOGIQUES ET LEUR PRISE EN COMPTE  
DANS LES PROJETS ROUTIERS

par

Mélanie Bouffard

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement  
en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, avril 2008



# **IDENTIFICATION SIGNALÉTIQUE**

## **LES CORRIDORS BIOLOGIQUES ET LEUR PRISE EN COMPTE DANS LES PROJETS ROUTIERS**

Mélanie Bouffard

Essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

Université de Sherbrooke

avril 2008

Mots clés : corridor biologique, passage faunique, connectivité, impacts des routes, structures de franchissement, aménagements fauniques, fragmentation des habitats

La faune a besoin de se déplacer pour accomplir son cycle vital. Des voies préférentielles de déplacement existent naturellement : les corridors biologiques. Ces espaces plus ou moins linéaires sont de nature très variée et catégorisés de multiples façons. Partout, ils assurent la connectivité du milieu, particulièrement dans les milieux fragmentés. L'humain aussi se déplace, et pour ce faire, il construit différentes structures linéaires qui seront plus ou moins fréquentées. Ces axes entrant en conflit avec les corridors biologiques engendrent plusieurs impacts qui, en fonction des milieux en question, peuvent avoir des effets plus ou moins importants sur la faune et la flore présentes. Il existe une variété de structures de franchissement qui permettent aux animaux, selon leurs propres besoins de traverser les routes en évitant de nombreux dangers. De tels passages fauniques sont utilisés à différentes fréquences sur et sous les routes, voies ferrées et canaux à travers le monde. Au Québec, la prise en compte de corridors biologiques est encore peu répandue et mériterait d'être intégrée dès le processus d'évaluation des impacts de façon systématique.



## SOMMAIRE

Conscient que toute forme de vie sur terre est reliée à sa survie, l'humain moderne cherche à protéger le plus grand nombre d'espèces animales et végétales. Différentes méthodes de conservation sont observées variant de la protection de l'habitat préférentiel de l'espèce à une protection d'écosystèmes paysagers entiers. Un aspect parfois négligé est la protection des couloirs préférentiels de déplacements de certaines espèces : les corridors biologiques. Dans un territoire de plus en plus utilisé par l'humain, ces corridors sont souvent segmentés, fragmentés ou détruits et n'assument plus leur fonction.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le sujet de ce travail traitant des rencontres problématiques entre les corridors biologiques et les routes. L'objectif principal est de faire le point sur l'importance des corridors biologiques tout en favorisant une prise de conscience du phénomène de segmentation de ceux-ci par les corridors routiers afin de promouvoir des aménagements respectueux des écosystèmes au Québec. Pour ce faire, les corridors biologiques sont d'abord définis et illustrés d'exemples. Ensuite, une brève analyse permet de découvrir les problèmes amenés par les routes sur les couloirs de déplacement du vivant. Parmi ces impacts, ceux qui entraînent des effets sur la dynamique des populations sont les plus préoccupants. Les passages fauniques qui constituent souvent une solution importante sont expliqués et les différents modèles sont présentés. Comme une structure de franchissement doit souvent être utilisée pour bien raccorder un corridor biologique ou deux milieux, les besoins des différentes espèces animales québécoises sont décrits et de nombreux conseils d'aménagements viennent terminer cette portion plus technique.

Finalement, un bref tour du monde des différents passages fauniques sous et au-dessus des axes de transport et une présentation des structures réalisées au Québec permettent de situer la province dans ce domaine. Les quelques aménagements récents au Québec sont intéressants, mais il est temps de modifier certaines mesures de conservation et de considérer les écosystèmes de façon moins statique en accordant une importance aux corridors de déplacement et ce, dès l'évaluation environnementale préalable et tout au long des projets, dans le but d'assurer une bonne intégration des axes routiers aux écosystèmes.

## **REMERCIEMENTS**

Je remercie tout d'abord mon directeur d'essai, Yves Bédard pour son expérience, ses commentaires et ses idées : sans nos nombreuses discussions, cet ouvrage ne serait pas ce qu'il est. Je remercie aussi ses différents collègues du ministère des Transports qui m'ont fait visiter les différents aménagements fauniques de la province et qui ont relu les parties correspondantes de mon travail : Jacques Bélanger, Jacques Fortin, Jean Gagné, Jules Proteau, Jean Boulé, Guy D'Astous et Nicolas Wampack. Merci à Daniel Bergeron pour ses informations sur les passages à amphibiens. Un merci spécial aussi à Yves Leblanc, Martin Lafrance, Mathieu Painchaud-April et Virginie Bolduc-Tremblay pour leurs commentaires et corrections qui ont bonifié mon texte. Finalement, merci à tous ceux qui œuvrent à la préservation des corridors biologiques et l'aménagement de passages fauniques, votre expérience est précieuse.

## TABLE DES MATIÈRES

|  |    |
|--|----|
| <b>INTRODUCTION</b> .....  | 1  |
| <b>1. LES CORRIDORS BIOLOGIQUES</b> .....                                      | 3  |
| 1.1 Définitions .....  | 3  |
| 1.2 Et à quoi ça ressemble? .....  | 4  |
| 1.3 L'importance .....   | 6  |
| 1.3.1 L'utilisation des corridors .....  | 7  |
| 1.3.2 L'importance des corridors biologiques au Québec .....                   | 8  |
| 1.4 Le concept de connectivité .....   | 10 |
| 1.4.1 Théorie de la biogéographie des îles.....                                | 11 |
| 1.4.2 Le concept de métapopulation .....                                       | 12 |
| 1.4.3 L'écologie du paysage .....  | 12 |
| <b>2. IMPACTS DU CORRIDOR ROUTIER</b> .....                                    | 13 |
| 2.1 Les impacts du corridor routier sur le milieu environnant .....            | 13 |
| 2.1.1 Impacts physiques .....  | 13 |
| 2.1.2 Impacts sur le vivant .....  | 15 |
| 2.2 Modifications écologiques à long terme .....                               | 19 |
| 2.2.1 L'effet de bordure .....   | 19 |
| 2.2.2 La fragmentation des habitats .....                                      | 20 |
| 2.3 Impacts majeurs des corridors routiers sur les corridors biologiques ..... | 23 |
| <b>3. CONSTRUIRE SANS DÉTRUIRE</b> .....                                       | 26 |
| 3.1 Préférences spécifiques des animaux du Québec .....                        | 27 |
| 3.1.1 Les grands mammifères .....  | 28 |
| 3.1.2 Les petits mammifères et micromammifères .....                           | 30 |
| 3.1.3 Reptiles et amphibiens .....   | 33 |
| 3.1.4 Les oiseaux.....   | 34 |
| 3.2 Différentes structures possibles.....                                      | 34 |
| 3.2.1 Passage supérieur ou écopont .....                                       | 35 |
| 3.2.2 Pont de corde.....   | 36 |
| 3.2.3 Viaduc .....   | 36 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.2.4     | Tunnel mixte .....  | 37        |
| 3.2.5     | Pied sec construit .....  | 37        |
| 3.2.6     | Tuyau sec .....   | 38        |
| 3.2.7     | Tablette en porte-à-faux .....  | 39        |
| 3.2.8     | Berges naturelles ou lit majeur .....                                     | 39        |
| 3.3       | Les aménagements connexes.....  | 40        |
| 3.3.1     | La végétalisation des extrémités .....                                    | 40        |
| 3.3.2     | La clôture à faune et ses structures .....                                | 41        |
| 3.4       | Recommandations pour des structures québécoises.....                      | 44        |
| <b>4.</b> | <b>LA SITUATION INTERNATIONALE.....</b>                                   | <b>47</b> |
| 4.1       | L'Europe.....   | 47        |
| 4.2       | L'Australie.....  | 50        |
| 4.3       | L'Amérique du Nord .....  | 50        |
| <b>5.</b> | <b>LA SITUATION QUÉBÉCOISE .....</b>                                      | <b>53</b> |
| 5.1       | Passages pour amphibiens du Lac Brompton.....                             | 54        |
| 5.2       | Passage à cervidés de l'autoroute 55.....                                 | 57        |
| 5.3       | Aménagements pour le cerf de Virginie sur l'autoroute Robert-Cliche ..... | 58        |
| 5.4       | Aménagements pour le cerf de Virginie de l'autoroute 50 .....             | 60        |
| 5.5       | Le boulevard Robert-Bourrassa.....  | 62        |
| 5.6       | Aménagements pour la petite et la grande faune sous la route 175 .....    | 64        |
| <b>6.</b> | <b>RECOMMANDATIONS .....</b>  | <b>67</b> |
|           | <b>CONCLUSION .....</b>   | <b>69</b> |
|           | <b>RÉFÉRENCES .....</b>   | <b>71</b> |
|           | <b>ANNEXE 1 LISTE DES PERSONNES RESSOURCES, DES CHERCHEURS DANS</b>       |           |
|           | <b>LE DOMAINE ET DES OUVRAGES UTILES.....</b>                             | <b>78</b> |

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figure 1.1  | Photo aérienne présentant différents corridors biologiques potentiels en Iowa.....  | 5  |
| Figure 1.2  | Visualisation d'une zone de vastes habitats dans un région très peuplée.....  | 9  |
| Figure 1.3  | Une portion du corridor appalachien .....   | 9  |
| Figure 1.4  | Théorie de la biogéographie des îles .....  | 11 |
| Figure 2.1  | Exemples de domaines vitaux d'originaux de la RFL influencés par des corridors routiers (les routes 175 et 169).....                        | 17 |
| Figure 2.2  | Vieillessement d'une bordure .....  | 20 |
| Figure 2.3  | Évolution de la fragmentation de l'habitat (Poole Basin, Dorset, England)..   | 22 |
| Figure 2.4  | Processus spatiaux de fragmentation des habitats.....   | 23 |
| Figure 2.5  | Effet de quatre impacts écologiques de la route sur une population animale en fonction du temps écoulé pour l'effet cumulatif .....         | 24 |
| Figure 3.1  | Techniques utilisées aux États-Unis pour réduire les collisions routières avec les cerfs.....   | 26 |
| Figure 3.2  | Photos comparant une structure (Espagne) et un remblai (Royaume-Uni) pour traverser le fond d'une vallée.....                               | 29 |
| Figure 3.3  | Andain de déchets ligneux et pistes de mammifères observées dans le parc de l'Escarpement sous le boulevard Robert-Bourrassa à Québec ..... | 32 |
| Figure 3.4  | Tunnel pour les micromammifères sous un passage de type tablette .....  | 32 |
| Figure 3.5  | Avantage des arbres en bordure de la route pour les oiseaux .....   | 34 |
| Figure 3.6  | Aménagements possibles d'un passage supérieur.....  | 35 |
| Figure 3.7  | Passage supérieur dans le Parc National de Banff .....  | 35 |
| Figure 3.8  | Pont de corde au-dessus d'une route en Australie .....  | 36 |
| Figure 3.9  | Tuyau sec de 60 cm à proximité du ponceau du ruisseau des Brûlés sous la route 175 .....  | 38 |
| Figure 3.10 | Schéma d'une tablette aménagée à l'intérieur d'un ponceau.....  | 39 |
| Figure 3.11 | Photo du lit majeur en construction du ruisseau Bureau dans la RFL .....  | 40 |
| Figure 3.12 | Photo d'une sortie à sens unique pour les originaux (RFL) .....   | 42 |
| Figure 3.13 | Rampe de fuite ou sautoir vu de la route et de la forêt .....   | 42 |
| Figure 3.14 | Passage anti-cervidés jumelé à la clôture à grande faune (en construction) dans la RFL.....   | 43 |
| Figure 3.15 | New jersey avec une ouverture pour la petite faune .....  | 45 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figure 4.1  | Carte des passages fauniques terrestres et aquatiques répertoriés lors d'un grand sondage aux États-Unis en 2004 .....                        | 51 |
| Figure 5.1  | Localisation des aménagements routiers pour les amphibiens en Estrie .....  | 55 |
| Figure 5.2  | Vue d'ensemble de la clôture qui dirige les amphibiens vers les passages au lac Brompton.....   | 55 |
| Figure 5.3  | Structure du grillage qui collecte les amphibiens .....   | 56 |
| Figure 5.4  | Un des trois passages à amphibiens du lac Brompton et ses ailes de béton jumelées au grillage collecteur.....                                 | 56 |
| Figure 5.5  | Passage mixte (vélo et faune) sous l'autoroute 55.....  | 58 |
| Figure 5.6  | Passage faunique sous le pont de la rivière Calway de l'autoroute Robert-Cliche.....  | 59 |
| Figure 5.7  | Photo, prise par une caméra de surveillance, de cerfs de Virginie traversant le pont de la rivière Plante sous l'autoroute 73 en Beauce ..... | 60 |
| Figure 5.8  | Passage de type « Conspan » pour le cerf de Virginie sous le prolongement de l'autoroute 50 dans les Laurentides.....                         | 61 |
| Figure 5.9  | Ponceau comportant un pied sec construit et jumelé à une clôture à petite faune doublée de tôle enfouie .....                                 | 63 |
| Figure 5.10 | Photo aérienne des aménagements fauniques du parc de l'Escarpement près du boulevard Robert-Bourrassa .....                                   | 63 |
| Figure 5.11 | Andains du passage mixte (piéton et faune) sous le boulevard Robert-Bourrassa dans le parc de l'Escarpement à Québec .....                    | 64 |
| Figure 5.12 | Passage pour la grande et la petite faune de la rivière Gilbert.....  | 65 |
| Figure 5.13 | Photo d'un ponceau sous la route 175 comportant une tablette pour la petite faune et des déversoirs pour la faune aquatique .....             | 65 |
| Figure 5.14 | Photo d'un passage de type tablette en porte-à-faux dans la RFL.....  | 66 |
| Figure 5.15 | Passage aménagé sur une berge de la décharge du lac Horatio-Walker dans la RFL sous la route 175 .....  | 66 |
| Tableau 2.1 | Caractéristiques rendant les espèces vulnérables aux trois principaux effets des routes. ....   | 18 |

## **LISTE DES ACRONYMES ET DES SIGLES**

|       |   |
|-------|---|
| APLB  | Association pour la protection du lac Brompton                      |
| MDDEP | Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs |
| MRNF  | Ministère des Ressources naturelles et de la Faune                  |
| MTQ   | Ministère des Transports du Québec                                  |
| RFL   | Réserve Faunique des Laurentides                                    |

## **LEXIQUE**

|                   |  |
|-------------------|--|
| Andains           | Amas de souches, de branches, de blocs de pierre et de terre placés de façon plus ou moins linéaire                              |
| Dérive génétique  | Fixation aléatoire des allèles à un locus donné  |
| Étiage            | Niveau minimal des eaux atteint par un cours d'eau ou un lac   |
| Fagots            | Structure linéaire de branches végétales vivantes qui pourront s'implanter en formant une végétation viable qui stabilise le sol |
| New jersey        | Séparateur de voies en béton   |
| Surdimensionner   | Opter pour une structure de plus grande dimension que celle choisie en fonctions des besoins hydrauliques de l'ouvrage           |
| Tablier           | Dalle de béton porteuse d'un pont  |
| Tranchée couverte | La route est creusée dans le paysage et le milieu naturel est reconstitué par-dessus sur une distance considérable.              |

## INTRODUCTION

De par ses actions et les nombreuses infrastructures qu'il réalise sur le territoire, l'homme engendre de profondes modifications sur les écosystèmes, leur fonctionnement et sur les espèces qui y vivent. Que ce soit par les pratiques agricoles ou sylvicoles ou par la construction de routes, de lignes de transport d'énergie, de gazoduc ou encore par l'urbanisation ou l'industrialisation, l'homme marque irrémédiablement la planète. La prise de conscience récente de l'impact de ses activités a permis, dans de nombreux pays, la mise en place de processus d'évaluation des impacts avant la réalisation de projets majeurs. Ce processus analytique vise à prendre en compte les écosystèmes en place pour leur assurer une certaine pérennité et tenter de faire des projets dans l'esprit du développement durable. Les mesures de protection proposées ne tiennent souvent pas compte du dynamisme qui existe entre les écosystèmes et des liens vitaux entre les différentes parties qui composent le territoire. La fragmentation que provoquent les actions de l'humain a souvent plus d'impacts que les pertes d'habitat elles-mêmes.

En effet, une considération de l'écosystème entier (habitat de repos, d'alimentation, de reproduction, de migration) et des voies préférentielles de déplacement constituerait un grand pas vers la protection de certaines espèces du Québec. Comme les déplacements sont primordiaux pour la plupart des espèces fauniques et même pour certaines espèces floristiques, les corridors biologiques qui relient les habitats isolés devraient prendre plus de place lorsqu'on traite des impacts environnementaux. Détruits ou altérés par plusieurs activités humaines, ces corridors sont aussi segmentés par plusieurs structures linéaires anthropiques. Parmi celles-ci, les routes asphaltées peuvent être particulièrement problématiques.

C'est dans ce contexte que le présent ouvrage s'inscrit. Il a pour objectif de faire le point sur l'importance des corridors biologiques tout en favorisant une prise de conscience du phénomène de segmentation de ceux-ci par les corridors routiers afin de promouvoir des aménagements respectueux de l'environnement naturel. Ce travail vise aussi à fournir les

outils nécessaires pour ceux qui voudraient aménager différentes structures de franchissement des routes pour les animaux au Québec.

L'analyse des problématiques et la présentation des différents outils pour les solutionner sont basées sur une revue exhaustive de la littérature récente écrite par quelques experts internationaux des corridors biologiques et des passages fauniques ainsi que sur des résumés de conférences internationales et plusieurs autres sources. Une extrapolation a été faite pour adapter les connaissances au contexte des espèces et écosystèmes québécois.

Pour atteindre l'objectif mentionné, le présent ouvrage définit d'abord le corridor biologique et aborde son importance pour les espèces animales d'ici. Ensuite, il entre dans le vif du sujet en présentant les différents impacts des routes sur ces corridors. Après avoir bien énoncé le problème, les solutions à cette segmentation sont présentées en passant par une description des préférences des espèces animales qui vivent au Québec. Ensuite, la situation internationale relativement à cette problématique est exposée brièvement et permet certaines comparaisons et constatations sur la situation québécoise. Cette dernière est ensuite présentée dans une dernière section illustrée d'exemples concrets. L'aménagement des structures de franchissement des routes du Québec par la faune est présenté grâce à quelques visites réalisées sur le terrain. Une réflexion est ensuite portée et des recommandations sont avancées pour permettre une meilleure prise en compte des corridors biologiques au Québec. Annexée au document, une liste des personnes ressources et des chercheurs touchant les thèmes abordés par cet ouvrage vise à outiller le lecteur qui désire aller plus loin.

Cet ouvrage vise en particulier le ministère des Transports du Québec (MTQ), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) et tout promoteur qui a le pouvoir et le désir d'agir pour une meilleure prise en compte des corridors biologiques dans les projets d'infrastructures routières.

## **1. LES CORRIDORS BIOLOGIQUES**

Corridor naturel, corridor faunique, corridor de déplacement, corridor écologique, la notion de corridor biologique est en plein développement au niveau de l'écologie du paysage et des réseaux verts. Nommée de différentes façons, cette notion prend de plus ou moins larges significations autour de la définition étymologique : « zone de passage étroite (corridor) se rapportant au vivant (biologique) » (Larousse, 1995). La première section de ce chapitre servira donc à définir ce terme passe-partout. Par la suite, une description des différentes formes que peuvent prendre ces corridors pour les différentes espèces animales et végétales ainsi que la forme qu'ils prennent en nature seront présentés. Finalement, afin de mieux en cerner les principaux enjeux, nous tenterons d'évaluer l'importance de ces corridors au Québec.

### **1.1 Définitions**

Chaque auteur possède sa propre définition du terme « corridor biologique ». Les principales différences tiennent du niveau d'anthropisation de ce corridor, des différences d'utilisation de ce milieu et des habitats reliés par ce corridor.

Effectivement certains auteurs insistent sur la nature anthropique du corridor biologique. Ils le disent nécessairement recréé par l'humain ou franchissant une zone développée par l'humain et donc inhospitalière aux animaux sauvages. Pour eux, il s'agit donc d'une voie préférentielle aménagée et/ou protégée pour favoriser la connectivité écologique entre deux zones d'un bon habitat (faunique et floristique) (Parcs Canada, 2003 ; SETRA, 2005 ; Anderson et Jenkins, 2006). Pour les autres, c'est plutôt une zone de végétation sauvage en milieu terrestre ou humide permettant les déplacements et dispersions animales et végétales entre différents habitats (ORE, s.d. ; NSWNP, s.d. ; Spellerberg, 2002).

Bond (2003) insiste sur le fait que ces corridors de dispersion ou liens paysagers ne sont pas des habitats linéaires. Par contre, la plupart des auteurs ne précisent pas ce détail probablement puisque tout est une question de mode de déplacement et d'échelle. En fait,

un corridor servant aux déplacements de la grande faune peut très bien servir de domaine vital pour un micromammifère. De la même façon, un cours d'eau qui sera plutôt une barrière pour certaines espèces est favorable au déplacement des espèces aquatiques (FRAPNA, 2006).

En ce qui touche la nature des habitats reliés, certains auteurs définissent le corridor biologique comme étant un lien entre deux ou plusieurs aires plus grandes d'un habitat similaire (NSWNP, s.d.). D'autres n'attachent que peu d'importance aux habitats qui se trouvent de chaque côté à la seule condition qu'il y ait déplacement des espèces par ce corridor (Spellerberg, 2002).

Dans le cadre de cette étude, la version retenue, est celle des plus généralistes qui ne limitent ni le milieu que franchit le corridor, ni les types d'habitats qui sont liés, dans la mesure où les animaux et plantes se déplacent vraiment par ce lien paysager. La définition utilisée dans cet ouvrage sera donc celle traduite librement de Lindenmayer et Fisher (2006) soit : un lien physique entre différentes parcelles d'habitat qui favorise le déplacement entre les habitats. Il peut donc s'agir d'un ouvrage anthropique ou non dans un milieu plus ou moins aménagé et protégé qui est utilisé par différentes espèces pour effectuer certains déplacements (dispersion, migration, alimentation, etc.). Un corridor biologique naturel est par contre majoritairement sauvage et quelques aménagements humains peuvent y être faits pour s'assurer d'en conserver la fonctionnalité.

## **1.2 Et à quoi ça ressemble?**

Une définition est très utile, mais à quoi ressemble concrètement un corridor biologique et comment le reconnaître? En pratique, un corridor biologique est souvent un paysage linéaire, comme une rivière boisée, une vallée fluviale, un littoral, un canal, les abords d'une voie ferrée, les abords d'une route, à la seule condition que ceux-ci favorisent les déplacements (Spellerberg, 2002 ; Iuell, 2007). Quelques exemples peuvent être observés à la figure 1.1.



Figure 1.1 Photo aérienne présentant différents corridors biologiques potentiels en Iowa. Tiré de Ritter (2006).

Les corridors biologiques s'inscrivent dans le continuum biologique qui est constitué de trois principaux éléments. Tout d'abord, il y a les zones réservoirs qui sont de vastes habitats riches du point de vue biologique. Il y a aussi les zones tampons qui sont aussi des habitats, mais qui présentent des caractéristiques plus banales mais pouvant tout de même accueillir un bon nombre d'espèces. Finalement, il y a les corridors biologiques qui assurent le lien entre ces différents espaces et qui ne doivent absolument pas être coupés (FRAPNA, 2006). Ces corridors peuvent être linéaires, donc en

ligne droite et de largeur variable, ou ils peuvent être de paysage, soit multidirectionnels dans une mosaïque d'écosystèmes et souvent beaucoup plus larges. Les corridors biologiques peuvent aussi être catégorisés en fonction des modifications qu'ils ont subies. De cette façon, ils peuvent être naturels, plantés, régénérés ou restants (Anderson et Jenkins, 2006). Un corridor restant peut être représenté par une lisière boisée le long d'un cours d'eau après une coupe forestière. Ce type de corridor est fréquent au Québec puisque prescrit par le *Règlement sur les normes d'intervention dans les Forêts du domaine de l'État* de la *Loi sur les forêts*. Ces différentes manières de les nommer ne servent qu'à les catégoriser souvent pour des fins de comparaisons.

De manière générale, un corridor biologique possède une portée plus importante s'il possède une certaine largeur. Ainsi, un corridor qui serait une connexion primaire du milieu naturel entre de grands habitats d'importance devrait avoir deux fois la largeur du domaine vital de son utilisateur potentiel. Ce corridor aurait donc une importance régionale. Le corridor désigné comme sub-régional est suffisamment grand pour permettre le mouvement et la dispersion des animaux. Typiquement, il relie des espaces tels les grands escarpements et les fonds de vallée. Le corridor local prend la forme de ruisseaux, de milieux humides et de petits escarpements et il relie plutôt les habitats résiduels parsemés (NSWNP, s.d.). À

une plus petite échelle, un corridor peut aussi être une structure qui franchit un milieu inhospitalier comme un route, un chemin de fer ou un canal. Le corridor peut aussi être un chemin qui contourne un obstacle topographique ou simplement une voie déjà empruntée par certaines espèces animales qui y ont laissé des odeurs (Hilty *et al.*, 2006).

De plus, un corridor peut être construit par l'humain, mais de façon inconsciente et favoriser la faune. Par exemple, les haies brise-vent autour des terrains agricoles, la végétation des abords routiers, celle des fossés, les friches des lignes de transport d'énergie et des gazoducs ainsi que les plantes qui envahissent les clôtures agricoles non entretenues sont des corridors biologiques qui n'ont pas été créés dans ce but. Comme ils ne sont pas intentionnels, ces corridors peuvent représenter un danger potentiel pour leurs utilisateurs.

Effectivement, dans certains environnements, ces corridors peuvent être très perturbés et envahis d'espèces exotiques. Plusieurs sont aussi des voies de pénétration d'espèces généralement compétitrices. À titre d'exemple, la route représente un danger potentiel de collisions pour les espèces qui choisiraient les abords routiers comme corridor de déplacement. Cependant, les espèces plus sensibles ne s'aventurent pas dans ce type de voie (Hilty *et al.*, 2006). Au Québec, les gazoducs et lignes de transport d'énergie sont des milieux ouverts prisés par la grande faune tel le caribou (Sebbane *et al.*, 2002) et l'orignal, mais ces corridors ne sont pas sans danger puisqu'ils se situent souvent à proximité d'infrastructures routières avec lesquelles ils s'entrecroisent (Tecsult inc., 2007).

### **1.3 L'importance**

Le corridor biologique est un élément essentiel du paysage qui accomplit diverses fonctions pour la faune et la flore, donc son utilisation diffère selon de nombreux facteurs. L'importance de telles structures du paysage dans le contexte québécois permet de cerner l'utilisation qui en est faite et amène le concept de connectivité des habitats.

### 1.3.1 L'utilisation des corridors

Oubliant les différences entre les définitions, le corridor biologique est un milieu qui permet l'accomplissement par la faune de différentes fonctions vitales. Les longueurs et largeurs de ces corridors détermineront, pour chaque espèce, quel rôle jouera le corridor en question. Ainsi, un corridor étroit peut servir d'habitat pour de petites espèces, mais ne sera pas suffisamment large pour la dispersion des plantes ou pour le déplacement de la grande faune.

Un corridor biologique peut servir de couloir de dispersion, d'habitat, de refuge, d'habitat source, mais il peut aussi jouer le rôle d'une barrière, d'un filtre ou d'un puits (ORE, s.d.). Les corridors biologiques doivent donc être suffisamment larges pour favoriser la conservation des espèces plutôt qu'agir comme une zone étroite et hostile devenant alors un habitat puits où les animaux vont mourir de faim ou se rendre vulnérables à la chasse ou à la prédation (Anderson et Jenkins, 2006). La largeur du corridor qui le rendra fonctionnel dépend des espèces utilisatrices et de leur sensibilité à l'effet de bordure.

L'effet de bordure est causé par le changement des conditions biologiques (présence humaine, composition et densité de la végétation et de la faune) et physiques (lumière, température, vent, humidité) dû à la présence d'un milieu différent à proximité (Hilty *et al.*, 2006). S'il doit être aménagé, le corridor doit l'être en fonction des espèces présentes, car certaines espèces pourraient être trop compétitrices ou prédatrices pour les espèces moins tolérantes qui, souvent, nécessitent plus de mesures de conservation (Laurance et Laurance, 2003). En revanche, certaines espèces moins tolérantes (certaines graines de plantes) s'agrippent aux espèces plus généralistes pour franchir de grandes distances (Hilty *et al.*, 2006).

Le taux de survie des animaux sauvages qui s'aventurent dans un milieu dominé par l'homme est généralement faible et, au fil du temps, le paysage s'alourdit de constructions humaines et les perturbations du milieu sont de plus en plus fréquentes. (Hilty *et al.*, 2006). Donc, la distance entre les habitats de qualité augmente et certaines espèces ne peuvent

franchir ces distances sans habitat propice où se nourrir en chemin. Pour cette raison, plus un corridor est long, plus il devrait être large et diversifié. Selon certains, un bon corridor devrait posséder une largeur représentant au moins 10% de sa longueur (Laurance et Laurance, 2003).

En plus de favoriser le déplacement (journalier, de dispersion, saisonnier) des individus, le corridor biologique ainsi que la végétation qui le compose peuvent, selon les conditions, assumer d'autres fonctions telles que : servir d'habitat à certaines espèces, aider à maintenir la continuité des populations à travers le paysage, protéger les habitats riverains et les écosystèmes aquatiques, stabiliser les sols en érosion, maintenir la qualité de l'eau et limiter la pollution provenant d'une autoroute. Dans des circonstances favorables, il peut aussi avoir des avantages économiques, comme par exemple, lorsqu'il sert d'abri pour le bétail ou de brise-vent dans les cultures auxquelles il apporte d'ailleurs une meilleure pollinisation (Hilty *et al.*, 2006 ; Laurance et Laurance, 2003). Par contre, il ne faut pas généraliser et assumer que les haies brise-vent, les fossés de route et autres structures anthropiques linéaires serviront effectivement de corridors biologiques puisqu'ils peuvent très bien ne pas convenir et apporter plutôt des effets négatifs sur la faune et la flore (Hilty *et al.*, 2006).

### **1.3.2 L'importance des corridors biologiques au Québec**

Jusqu'à maintenant, au Québec, la notion de corridor biologique n'est peu ou pas connue. Pourtant les corridors biologiques sont essentiels à la faune et la flore afin d'éviter l'isolement des populations, les disparitions sans recolonisation possible et pour assurer un bon mélange génétique limitant les baisses de fertilité et la sensibilité aux maladies tel qu'expliqué au prochain chapitre (FRAPNA, 2006 ; Conservation Economy, s.d.). Même s'ils aident au maintien de la biodiversité, les corridors biologiques ne compensent pas les pertes d'habitat dues à l'humain (NSWNP, s.d.). Au Québec, les milieux naturels sont moins fractionnés que ceux de l'Europe où les densités de population humaine sont très élevés et c'est pour cette raison qu'il est plus facile d'agir pour le maintien des corridors et des habitats de façon générale. D'ailleurs, il est moins dispendieux de préserver les habitats

que de les restaurer (Anderson et Jenkins, 2006). De plus, pour les corridors biologiques, il arrive que des tentatives de restauration ne soit qu'une perte d'argent (FRAPNA, 2006).

Un exemple de conservation d'un corridor biologique très important au Québec comme dans le Vermont, le Maine et le New Hampshire est le corridor appalachien. Un vaste territoire en grande partie de tenure privée localisable à la



Figure 1.2 Visualisation d'une zone de vastes habitats dans une région très peuplée. Tiré de ACA (s.d.)



Figure 1.3 Une portion du corridor appalachien. Tiré de ACA (s.d.)

figure 1.2 pris en charge par un organisme à but non lucratif créé en 2002. La « province » naturelle ou écorégion des Appalaches est reconnue par Environnement Canada comme l'une des deux écorégions les plus à risque au Québec et donc prioritaire sur le plan de la protection des espèces et de leur habitat. Au Québec, ce territoire couvre 289 500 hectares. Il englobe le massif des monts Sutton et son piémont ainsi que le bassin versant du lac Memphrémagog et les milieux humides du lac Brome. Il rejoint le Mont Orford ainsi que la rivière Saint-François (figure 1.3) (ACA, s.d.).

Étant donné l'importance des corridors biologiques, un ensemble de ceux-ci devrait être protégé (Parcs Canada, 2003). Il faut savoir que les corridors qui connectent des habitats variés peuvent soutenir une plus grande diversité que ceux qui relient seulement un type d'habitat (Anderson et Jenkins, 2006). De plus, lors de la planification ou de l'aménagement, il peut être utile de viser l'utilisation par les grands carnivores qui sont des espèces clés puisqu'ils ont de grands déplacements. On présume ainsi que plusieurs autres espèces utiliseront le corridor (Anderson et Jenkins, 2006 ; Parcs, Canada, 2003).

#### **1.4 Le concept de connectivité**

La plupart des fonctions exercées par les corridors biologiques sont liés à la connectivité qu'ils apportent au milieu. Il devient donc pertinent de définir plus particulièrement la connectivité et les grands concepts sur lesquels elle s'assoit.

La connectivité pourrait se définir comme la capacité des organismes à se déplacer à travers des parcelles séparées d'un bon habitat ou la facilité avec laquelle les habitats sont rejoints. Le niveau de connectivité est déterminé par les quatre éléments suivants (Hilty *et al.*, 2006):

- la distance entre les parcelles d'habitat par rapport à la capacité de déplacement de l'animal;
- la qualité des parcelles d'habitat;
- l'hospitalité de la matrice à traverser;
- la présence de corridors ou de voies offrant peu de résistance au mouvement.

En fait, plus il y a de corridors biologiques dans un environnement donné, meilleure devrait être la connectivité. Le niveau de connectivité nécessaire au maintien de la population d'une espèce précise varie avec la démographie de la population (taille de la population, taux de survie et de mortalité, productivité) (Bond, 2003).

Selon Cramer et Bissonette (2005), le terme connectivité est utilisé pour désigner la perméabilité du milieu d'un point de vue anthropique. Par exemple, l'humain regarde une

carte et les passages fauniques sous les routes lui permettent de dire que le milieu est connecté, mais est-il perméable au mouvement des animaux? De la perspective animale, le paysage doit être perméable. Un paysage perméable permet les mouvements journaliers d'une espèce dans son habitat. Une bonne perméabilité servira la plupart des espèces d'un milieu donné (Cramer et Bissonette, 2005). Ici, les termes « perméabilité » et « connectivité » seront utilisés indifféremment puisque la perméabilité animale ne peut être testée par l'humain.

L'importance de la connectivité pour la conservation se base essentiellement sur trois concepts : la théorie d'équilibre de la biogéographie des îles, la théorie de la métapopulation et le principe de l'écologie du paysage.

#### 1.4.1 Théorie de la biogéographie des îles

Élaborée par MacArthur et Wilson en 1967, la théorie d'équilibre de la biogéographie des îles veut que les îles les plus grosses et celles situées plus près du continent puissent supporter une plus grande biodiversité que les îles plus petites ou plus isolées. Cette théorie s'explique par les taux d'immigration et d'extinction déterminés par le niveau d'isolation

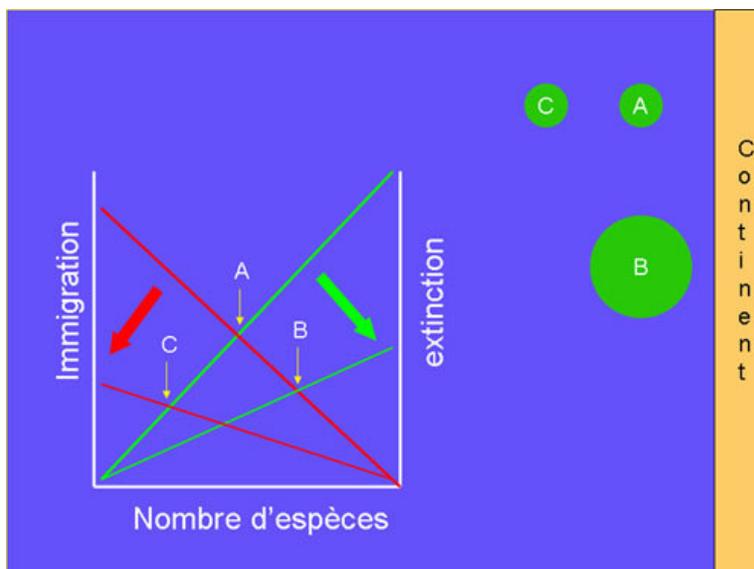


Figure 1.4 Théorie de la biogéographie des îles. Tiré de ATLASAM (2006)

tel que montré à la figure 1.4. Elle fut ensuite transposée aux habitats terrestres isolés. Cependant, cette théorie n'est plus utilisée aujourd'hui pour décrire l'isolation des habitats terrestres puisque les parcelles résiduelles d'habitat diffèrent des îles de par la façon complexe dont elles interagissent avec le milieu (Anderson et Jenkins, 2006).

### **1.4.2 Le concept de métapopulation**

Le concept de métapopulation est utilisé pour décrire des populations qui sont séparées dans différentes parcelles d'habitat, mais qui interagissent ensemble à l'occasion. Ces populations plus petites sont plus vulnérables aux extinctions car les désastres comme les ouragans et le feu les éliminent entièrement plus facilement. Cette théorie veut que le mouvement des organismes à travers les parcelles augmente la stabilité de la population régionale puisque ce mouvement permet l'accouplement des individus de différentes parcelles et l'immigration. De cette façon, la configuration des parcelles d'habitat dans le paysage dirige le mouvement des organismes et contribue à la persistance des espèces. Par contre, des observations ont montré que la persistance des populations locales ne dépend pas seulement de la configuration des parcelles d'habitat, mais aussi de facteurs comme les changements de configuration, la qualité des habitats et la capacité de dispersion des espèces (Anderson et Jenkins, 2006).

### **1.4.3 L'écologie du paysage**

L'écologie du paysage va au-delà des espèces pour se concentrer sur le paysage entier et sur la façon dont sa structure influence les espèces et les processus écosystémiques. Le paysage est un système intégré dont on ne peut comprendre une partie si l'on ne connaît pas le système entier. Cette manière de comprendre les choses comporte trois éléments structuraux de base : les parcelles ou fragments d'habitat, les corridors et la matrice du type d'habitat originel. Dans un tel concept, les mouvements les plus directs se font dans les habitats linéaires, tels les rivières et cours d'eau (Anderson et Jenkins, 2006).

## **2. IMPACTS DU CORRIDOR ROUTIER**

Tel que vu au premier chapitre, les corridors biologiques sont utilisés pour les déplacements fauniques et même floristiques. Ils contribuent à connecter les écosystèmes dans un milieu et ce, même dans un paysage complètement naturel. Les différentes espèces ont besoin de se déplacer dans le milieu pour subvenir à leurs besoins de base. Caribou, papillons et poissons franchissent des distances importantes à leur échelle pour combler leurs besoins vitaux par des déplacements journaliers ou saisonniers afin d'accomplir leur cycle vital. Le développement des routes et systèmes de communication obstrue le mouvement tant des espèces aquatiques que des espèces terrestres (Cramer et Bissonette, 2005). Les déplacements peuvent être bloqués autant physiquement que pour des raisons biologiques et ce, à court et long terme. Mais encore une fois, tout dépend de l'espèce impliquée ; un orignal traverse plus facilement une route qu'une grenouille ne le fait.

### **2.1 Les impacts du corridor routier sur le milieu environnant**

La division du milieu par l'implantation d'un corridor routier amène des impacts physiques sur le milieu, mais aussi des impacts sur les animaux, tant au niveau de l'habitat qu'au plan sonore et visuel. Au fil du temps, des modifications écologiques de l'environnement peuvent survenir. L'importance de ces phénomènes peut être encore plus grande lorsqu'un lien vital, tel un corridor biologique, est segmenté.

#### **2.1.1 Impacts physiques**

Dans un milieu, l'ajout d'une route fera varier une diversité de composantes tout au long de l'aménagement et de l'utilisation de celle-ci, quoique tout sera fonction de l'importance et de l'emploi de la route en question.

D'abord, lors de la construction, il y a une perte nette d'habitat dans le milieu ainsi qu'un changements des composantes du paysage à cet endroit. À plusieurs endroits, des changements des conditions hydrologiques peuvent aussi être observés (Spellerberg, 1998).

Ensuite, en phase d'utilisation, les véhicules y circulent, causant des collisions avec la faune locale qui s'aventure sur la route. Il y a donc une perte d'individus dans la population (Jongman et Pungetti, 2004). Pour la faune terrestre, le type de substrat de la route n'a que très peu d'importance, quoique le sel sera dissuasif pour les amphibiens (Forman et Alexander, 1998). Toutefois, une route non goudronnée pourrait engendrer la mort des plantes exposées à la poussière de celle-ci.

Au fil du temps, la pollution amenée par les véhicules modifie les paramètres physiques du sol avoisinant par des apports importants de plomb, cadmium, nickel, zinc et autres métaux qui s'accumuleront dans le substrat. L'air ambiant est aussi modifié par un ajout de poussières, de monoxyde de carbone et de composés azotés (NO<sub>x</sub>) (Spellerberg, 1998). La pollution engendrée ne s'arrête pas à l'accotement de la route, mais se fait sentir sur 30 à 100 m dans le milieu naturel (Spellerberg, 2002). Des métaux lourds sont parfois retrouvés dans les plantes à plus de 150 m de la route (Spellerberg, 1998). Évidemment, plus la route est large et passante, plus les effets néfastes se ressentent loin.

Le réseau hydrographique peut aussi être modifié par la construction d'une route et de son drainage. Responsables de l'érosion, les routes non pavées et les accotements déplacent beaucoup de sédiments qui se déposent parfois dans les cours d'eau avoisinants via le vent ou le drainage de la route. Des matières chimiques issues principalement des véhicules se retrouvent aussi dans l'eau de surface. Libérés autant par les pneus, le moteur, le système de freinage et le pot d'échappement libèrent des hydrocarbures, des minéraux (azote, phosphore), des métaux lourds (zinc, cadmium) et des produits de combustion, de lubrification et de réfrigération. Ceux-ci sont souvent lessivés par les eaux de pluie vers le cours d'eau le plus près. De plus, le sable et le sel de déglacage représentent 22% de la quantité de polluants qui atteint les cours d'eau et milieux humides sous nos latitudes. Tout cela en plus des risques de déversements accrus par le transport de marchandises par le réseau routier (Forman *et al.*, 2003).

Le flot de véhicules circulant sur la route et le corridor déboisé créé par celle-ci modifient aussi la direction et la vitesse des vents; ce qui entraîne des changements importants pour la

dispersion des graines des plantes et des courants aériens utilisés par les oiseaux. De plus, les lumières et le bruit ont des impacts sur les espèces qui vivent dans le milieu avoisinant (Spellerberg, 1998).

### **2.1.2 Impacts sur le vivant**

Les différents bouleversements engendrés par les paramètres physiques mentionnés précédemment, dégradent le milieu et peuvent même le contaminer. Ces changements physico-chimiques ont des impacts sur les plantes du milieu et ultimement sur les animaux qui s'en nourrissent, pouvant amener le déplacement de certaines populations.

Certaines plantes meurent et sont remplacées par des espèces plus tolérantes et parfois même par des espèces invasives ou prédatrices qui se propagent par le corridor linéaire qu'est la route (Kneeshaw, 1995). Elles se propagent ensuite là où elles peuvent, ce qui contribue à la dégradation de l'habitat adjacent (Jongman et Pungetti, 2004). Au Québec, le roseau commun ou phragmite exerce exactement ce mode de dispersion et est de plus en plus présent. Par contre, la gestion écologique de la végétation des abords routiers limite l'envahissement par des plantes exotiques en plus de favoriser la création de nids d'oiseaux (Forman et Alexander, 1998).

Les espèces invasives peuvent aussi être animales. Citons l'exemple du coyote qui vit normalement dans les champs, buissons et zones de broussailles près des milieux habités du sud du Québec. Cet animal pourrait profiter d'un grand corridor routier doté de grandes zones herbeuses pour se déplacer vers les habitats forestiers généralement associés au loup gris (Prescott et Richard, 2004).

Les activités de construction et d'entretien des routes peuvent entraîner une détérioration des habitats aquatiques. Par exemple, les sédiments mis en suspension pourront colmater des frayères ou contribuer au transport de minéraux qui favorisent la croissance de bactéries, qui à leur tour diminuent la quantité d'oxygène dissous nécessaire aux poissons et contribuent à l'eutrophisation des lacs. Aussi, plusieurs métaux lourds libérés par les

voitures (plomb, cuivre, zinc) peuvent avoir un effet toxique sur les différents organismes aquatiques (Forman *et al.*, 2003). De plus, les sels de déglacages amènent un large des métaux lourds en délogeant ceux-ci des sédiments vers la colonne d'eau, les rendant ainsi biodisponibles. Ces sels causent également du tort à la faune et la flore aquatique en changeant la composition ionique de l'eau des petits lacs, ce qui empêche le brassage printanier vital à de nombreux organismes (Charbonneau, 2006).

De plus, la circulation sur la route crée une pollution sonore pouvant tenir à distance les espèces les plus sensibles. Pour les individus vivant à proximité, le bruit de la route comporte de nombreux effets néfastes possibles : diminution de l'audition, augmentation de la production de l'hormone de stress, changements de comportement, interférence dans la communication lors de la saison de reproduction et sensibilité différentielle aux différentes fréquences (Forman et Alexander, 1998). Par exemple, les oiseaux seront moins abondants sur une distance de 1,5 km d'une route où circulent 10 000 véhicules par jour et à 2,8 km d'une route accueillant 60 000 véhicules par jour puisque le bruit des véhicules sur la chaussée interfère avec les communications vocales des oiseaux (Spellerberg, 2002). Pour la même raison, les ours noirs ont tendance à éviter les abords routiers sur une distance variant de 0,5 à 3 km. L'intensité du bruit varie en fonction de la surface de la chaussée, du nombre et du type de véhicule qui y circule (Kneeshaw, 1995).

Aussi, les lumières parfois placées en bordure de route affectent, par exemple, les oiseaux qui se nourrissent plus longtemps et modifient la croissance de certaines plantes (Spellerberg, 1998). Ces pollutions visuelles et sonores repoussent les espèces fauniques et réduisent ainsi la disponibilité des habitats adjacents pour celles-ci (Baghli *et al.*, 2007).

Un exemple concret d'évitement de la route par les animaux est celui de certains orignaux de la Réserve faunique des Laurentides (RFL). Les routes 175 et 169 qui séparent la Réserve divisent aussi l'habitat des orignaux puisque la plupart d'entre eux étendent leur domaine vital jusqu'à la route sans la traverser (Breton *et al.*, 2006). La figure 2.1 illustre ce phénomène.

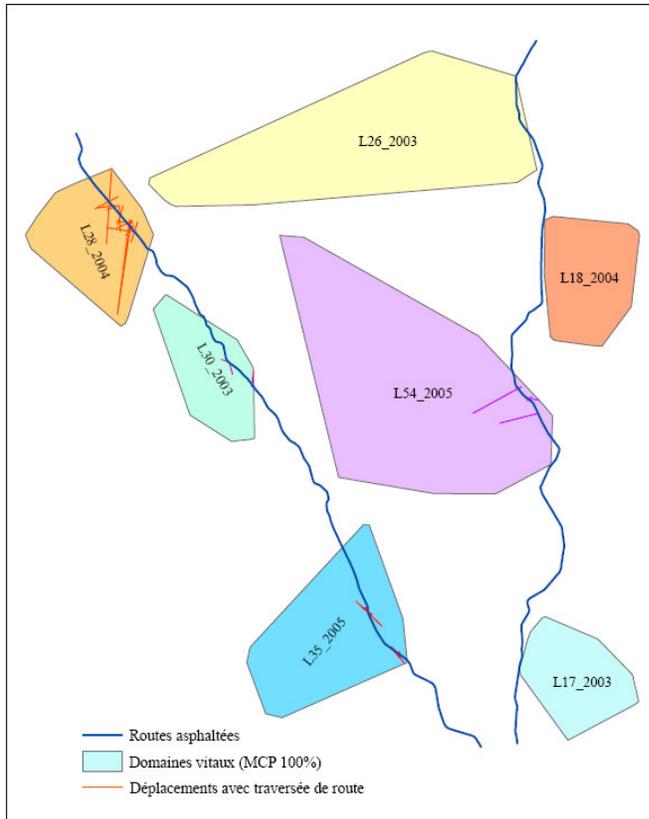


Figure 2.1 Exemples de domaines vitaux d'originaux de la RFL influencés par des corridors routiers (les routes 175 et 169). Tiré de Breton *et al.*, 2006.

D'une autre manière, certains vertébrés sont attirés près de la route par les graines et les plantes qui s'y trouvent, par les insectes, les petits mammifères, par le sel de la route et même par les animaux morts (Forman et Alexander, 1998). La chaleur que peut accumuler cette surface goudronnée pour la libérer par une journée fraîche peut attirer des animaux dont les amphibiens et les reptiles (Forman *et al.*, 2003). La plupart du temps, les prélèvements dans les populations animales par les collisions sur la route n'ont pas un gros effet, mais peuvent avoir un impact important pour les petites populations ou celles en diminution (Spellerberg, 1998). Chaque année,

un grand nombre de vertébrés meurent sur la route. Parmi eux, un bon nombre de mammifères et deux fois plus d'oiseaux, mais surtout un nombre impressionnant d'insectes meurent dans les pare-brises (Forman et Alexander, 1998 ; Forman *et al.*, 2003).

L'impact d'une route importante n'est pas le même sur les petits et micromammifères que sur les grands mammifères. En effet, les plus petites espèces sont plus affectées puisqu'une route de quatre voies de largeur en plus des accotements constitue une barrière plus importante pour ces espèces proies. Elles se rendent très vulnérables à la prédation en traversant la route sans couvert. Il semble qu'une telle autoroute ait un pouvoir répulsif aussi important qu'un cours d'eau qui en aurait deux fois la largeur (Foresman, 2004). Dans ce sens, une route d'une largeur de trois mètres peut s'avérer un obstacle majeur (Spellerberg, 1998), même pour les petits animaux volants (Spellerberg, 2002). Pour les

oiseaux forestiers, une étude québécoise de Bélisle (2000) stipule que ceux-ci ne s'éloignent pas à plus de 25 m de la forêt, malgré que cette distance puisse les faire épargner des déplacements substantiels. Conséquemment, la distance déboisée et perturbée franchissable pour les oiseaux forestiers ne dépasserait pas 50 m selon cette étude. Pour les insectes, le corridor routier peut créer des vents favorables aux déplacements, mais pour d'autres espèces, une route asphaltée est un véritable désert brûlant et hostile pratiquement infranchissable (Bédard, 2007).

Les grands mammifères franchissent plus facilement de grandes distances dépourvues d'habitat propice et ont souvent besoin d'une zone d'habitat plus grande entre leurs différents déplacements que les petits animaux. En ce sens, dans un paysage fragmenté, les petits et les grands mammifères possèdent des limites. Pour les petits animaux, il s'agit des faibles distances qui peuvent être franchies dans un habitat hostile et pour la grande faune, c'est la quantité d'habitats suffisamment spacieux qui est limitante et ce, particulièrement chez les espèces prédatrices (Kneeshaw, 1995).

En résumé, différentes caractéristiques déterminent le niveau de vulnérabilité de chaque espèce aux différents effets de la route comme le montre le tableau 2.1.

Tableau 2.1 Caractéristiques rendant les espèces vulnérables aux trois principaux effets des routes. Modifié de Forman *et al.* (2003, p.121).

| Caractéristiques qui rendent une espèce vulnérable aux effets de la route | Principaux effets des routes |                 |                               |
|---|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|   | Mortalité sur la route       | Perte d'habitat | Diminution de la connectivité |
| Attraction par l'habitat routier  | x                            |                 |                               |
| Grande mobilité   | x                            |                 |                               |
| Généraliste dans ses habitats   | x                            |                 |                               |
| Besoin d'une variété de ressources  | x                            |                 | x                             |
| Nécessité de grands habitats (faible densité)                             | x                            | x               | x                             |
| Faible taux de reproduction   | x                            | x               | x                             |
| Espèce forestière   |                              | x               | x                             |
| Évitement comportemental des routes                                       |                              |                 | x                             |

## **2.2 Modifications écologiques à long terme**

Avec le temps, les variations des paramètres physiques se font sentir de plus en plus loin de la route et le milieu perd de sa qualité. Un microclimat se crée, changeant les espèces dominantes du paysage. Près de la route, un effet de bordure ou de lisière prend place et entraîne parfois la fragmentation de l'habitat et ce qui en découle.

### **2.2.1 L'effet de bordure**

La bordure ou lisière est une bande plus ou moins large, autour des parcelles (fragments d'habitats) où les conditions environnementales sont différentes de celles de l'intérieur des parcelles (Kneeshaw, 1995). Elle existe naturellement à l'interface de deux écosystèmes ou plus et est parfois appelée écotone. L'humain crée un grand nombre de bordures entre les milieux naturels et anthropiques. La bordure peut être douce ou forte en terme de contraste avec la structure végétale (Lindenmayer et Fisher, 2006). Sa largeur diffère selon la superficie de la parcelle et selon sa forme ; la parcelle ronde en contenant un minimum (Kneeshaw, 1995 ; Leduc, 1996). L'effet de bordure réfère aux changements des conditions biologiques et physiques qui ont lieu à la limite entre deux écosystèmes adjacents (Lindenmayer et Fisher, 2006).

De façon plus spécifique, la bordure d'origine anthropique sera d'abord très franche et vieillira progressivement, amenant des changements dans le paysage comme le montre la figure 2.2. Au niveau abiotique, c'est tout un microclimat qui change, particulièrement la vitesse des vents, la luminosité et même les régimes de température. Sur le plan biotique, des changements dans les processus écologiques, des différences dans la composition des communautés et des variations dans les interactions entre espèces sont souvent observés. Ces changements se traduisent concrètement en variation du taux de décomposition de la matière organique, une augmentation de la prédation des nids et du parasitisme des couvées. Toutes les espèces ne réagissent pas négativement à l'effet de bordure. Certaines sont plus abondantes dans la bordure que nulle part ailleurs, comme plusieurs insectes et

micromammifères, selon la diversité des habitats de part et d'autre de la bordure (Lindenmayer et Fisher, 2006).

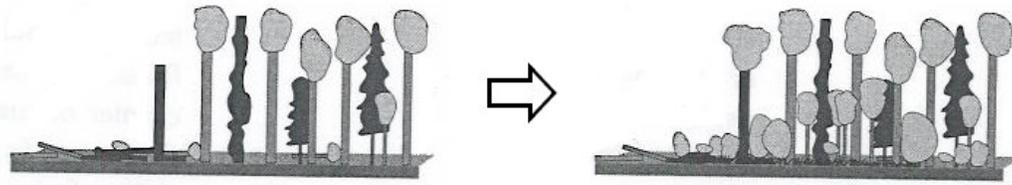


Figure 2.2 Vieillesse d'une bordure. Modifiée de Lindenmayer et Fisher (2006, p.109)

En s'exposant au milieu humain par l'intermédiaire de la lisière, la parcelle en subira les effets néfastes, soit l'augmentation de l'incidence de feu et le rapprochement des espèces domestiques et de leur potentiel de transmission de maladies (Primack, 2002).

Que ce soit pour la recherche de nourriture, d'un abri ou d'un partenaire sexuel, la capacité de dispersion est un des principaux facteurs de survie des espèces. Lorsque la possibilité de se déplacer est réduite par les obstacles qui entraînent un isolement des habitats, les individus se déplacent moins et cela influence la dynamique des populations et menace souvent la survie des espèces (Iuell *et al.*, 2007). Ce sont les effets auxquels mène la fragmentation des habitats.

### 2.2.2 La fragmentation des habitats

Vue par plusieurs comme étant le plus grand effet dévastateur de la nature (Spellerberg, 1998), la fragmentation des habitats est souvent utilisée pour traiter des impacts anthropiques que l'humain a sur le milieu. Mais la nature, elle-même, fractionne les habitats depuis que la vie existe. Effectivement, les processus naturels peuvent altérer le paysage et détruire des habitats pour certaines espèces. Les éruptions volcaniques, les changements climatiques à long terme et les feux d'origine naturelle ont détruit des habitats depuis toujours, mais les modifications au paysage apportées par l'humain sont, de loin, la cause la plus importante de la perte d'habitat et de la fragmentation de ceux-ci qui réduisent le niveau de biodiversité partout sur la planète (Lindenmayer et Fisher, 2006). Certaines

espèces sont donc mieux adaptées à la fragmentation que d'autres. Par exemple, les espèces boréales sont adaptées à la fragmentation grâce aux feux et à la tordeuse des bourgeons d'épinette (Kneeshaw, 1995).

La fragmentation naturelle a façonné, au fil de l'évolution, les espèces qu'on connaît aujourd'hui. Au contraire, le fractionnement causé par l'humain est une des principales menaces de la biodiversité. Quand les premiers européens sont arrivés en Amérique du Nord, la forêt dominait, mais les Iroquois cultivaient déjà des champs de maïs, des vergers, des plantes comestibles de sous-bois. Au Québec, ces champs atteignaient leur limite nord de distribution. Les premiers québécois ont systématiquement transformé la forêt en fermes, en villages et en pâtures, ou bien ont tout simplement récolté le bois comme combustible ou comme matériaux de construction. Le sud de la province étant une zone productive, la transformation y fut rapide et efficace tandis qu'au nord la transformation se continue et on peut encore y trouver des forêts vierges de nos jours. L'agriculture et la déforestation sont les principales causes initiales de la fragmentation au Québec et elles ont des effets différents qui dépendent de l'écosystème touché. En forêt, par exemple, l'instauration de l'agriculture est drastique et pratiquement irréversible tandis que la coupe forestière est plutôt temporaire (Kneeshaw, 1995).

Le taux de fragmentation des habitats continue à s'accroître avec l'urbanisation et l'industrialisation et, ses effets étant souvent cumulatifs, ses conséquences s'intensifient. Les effets de la fragmentation sur la diversité biologique sont dépendants de la taille de la parcelle et de son degré d'isolement (Kneeshaw, 1995). Étant donné l'état de la fragmentation au nord-est des États-Unis, ce sont surtout les oiseaux qui subissent des réductions en distribution et en abondance (Spellerberg, 1998). En Europe, la population étant plus dense, les problèmes de fragmentation sont plus importants, comme on peut le voir pour une portion de l'Angleterre sur la figure 2.3. Par exemple, au Luxembourg (174 habitants par km<sup>2</sup>), les territoires bâtis et les voies de communications occupent près de 13% du territoire. Pas étonnant que 33 des 64 espèces de mammifères qui y sont présentes soient considérées comme menacées (Baghli *et al.*, 2007).

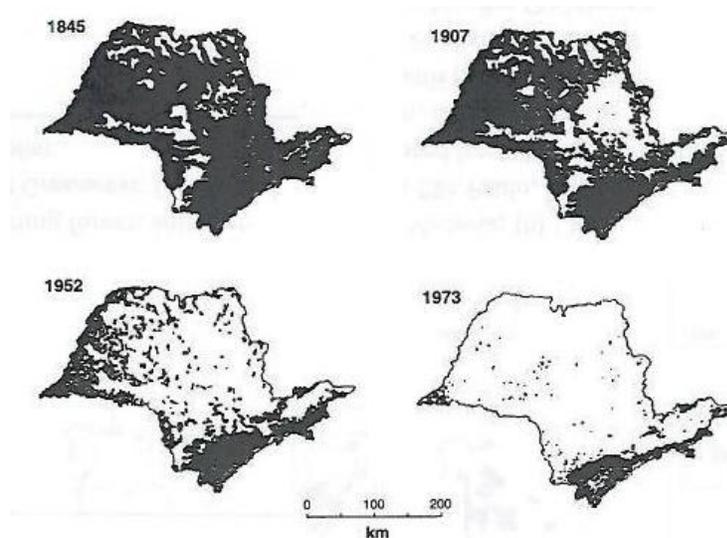


Figure 2.3 Évolution de la fragmentation (blanc) de l'habitat (noir) (Poole Basin, Dorset, England). Tiré de Lindenmayer et Fisher (2006 p.19).

De façon générale, dans un habitat fragmenté, la surface qui subit l'effet de bordure est plus grande et chaque centre des parcelles d'habitats est plus près d'une bordure que dans l'habitat non fractionné (Primack, 2002 ; Kneeshaw, 1995). Tel que vu précédemment, l'effet de lisière rebute certaines espèces et limite même leurs déplacements. Effectivement, la fragmentation des habitats a des effets sur la mobilité des espèces. En limitant la dispersion et la colonisation des mammifères, toutes les plantes qui dépendent de ceux-ci pour la dispersion de leurs graines en souffrent. Une baisse des déplacements implique aussi pour les animaux, un accès réduit à la nourriture et aux partenaires sexuels. Tout cela entraîne une division des populations qui peut avoir des effets très néfastes sur les petites populations (Primack, 2002).

Les petites populations en milieu fragmenté sont effectivement plus sujettes à une diminution de la diversité génétique puisque la dérive génétique, la consanguinité et la probabilité d'extinction locale augmentent (Joseph *et al.*, 2003). Les petites populations issues ou non du fractionnement de l'habitat peuvent aussi disparaître puisqu'il n'y a plus assez de membres pour assurer les comportements sociaux comme la surveillance, la recherche de nourriture, la défense contre les prédateurs ou la rencontre de partenaires sexuels (Primack, 2002). Tous ces inconvénients liés aux petites populations peuvent œuvrer pendant un certain temps avant de faire disparaître une population ; c'est pourquoi il

existe un délai entre la fragmentation de l'habitat et leur extinction. Ainsi, la fragmentation peut continuer de nuire à la biodiversité pour une période indéterminée après son installation (Kneeshaw, 1995).

La figure 2.4 montre que les modifications dans le paysage s'opèrent de différentes façons. Il y a d'abord la perforation qui peut être illustrée par un site minier dans un coin éloigné. Il y a aussi la dissection qui correspond aux structures linéaires comme les lignes de transport d'énergie et les routes. Viennent ensuite la fragmentation qui survient pour installer des cultures ou d'autres activités anthropiques qui se développent (Lindenmayer et Fisher, 2006). Toutes ces modifications sont souvent englobées par le terme fragmentation et celle-ci, quelle qu'elle soit, a des effets plus ou moins grands sur les écosystèmes.

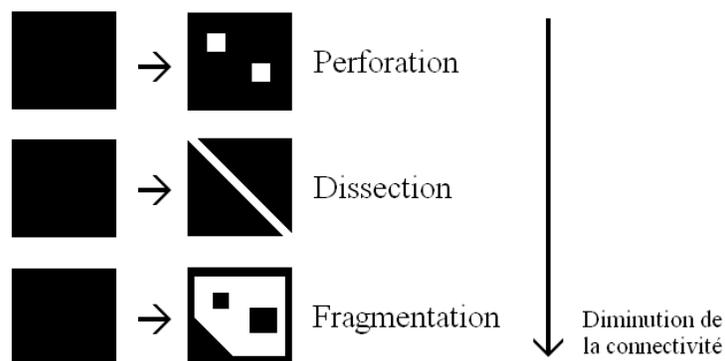


Figure 2.4 Processus spatiaux de fragmentation des habitats. Modifié de Lindenmayer et Fisher (2006, p.17)

### 2.3 Impacts majeurs des corridors routiers sur les corridors biologiques

Dans le cas d'une fragmentation par dissection, l'impact dépend du type de structure linéaire qui traverse le milieu. Dans le cas où il s'agit d'une route, la largeur de celle-ci et la densité de trafic détermineront si la route agit en barrière ou en filtre. L'effet de barrière, tel que vu précédemment, peut diminuer la connectivité et tend à isoler de petites populations dont la survie sera peut-être menacée après un certain temps pour des raisons d'isolement génétique ou une limite de la capacité d'accueil du milieu résiduel. Cependant, en rendant la route plus perméable (moins large ou avec une moindre densité de véhicules), on réduit cette atteinte démographique, tout en causant plus de mortalité faunique sur les routes

(Forman et Alexander, 1998 ; Baghli *et al.*, 2007). Lorsqu'une route croise un corridor biologique très fréquenté, cette mortalité prend de l'importance (Foresman, 2004). Au contraire, augmenter l'effet de barrière de la route réduit la mortalité sur la route, mais accentue les problèmes liés aux petites populations (Forman et Alexander, 1998). La figure 2.5 présente les principaux impacts de la route sur le milieu naturel incluant les corridors biologiques.

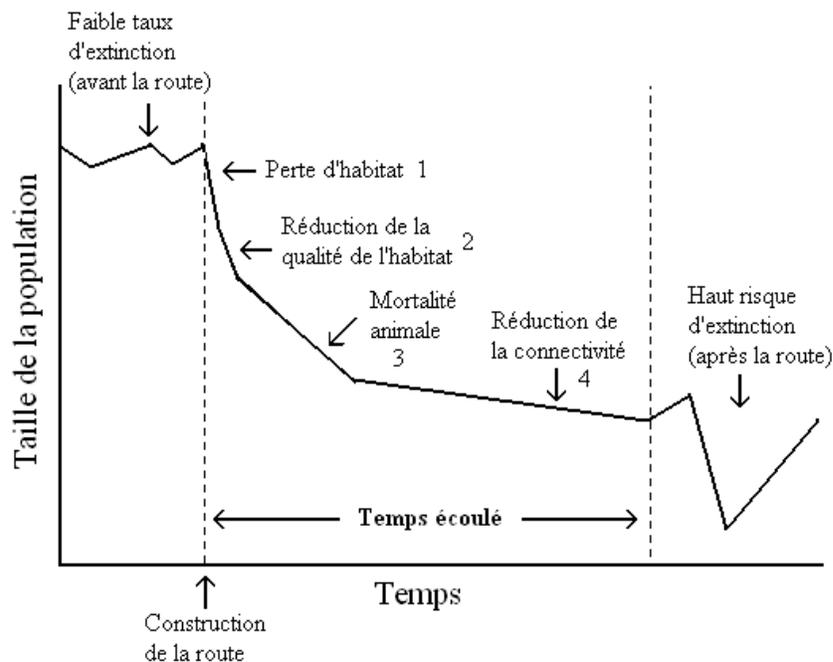


Figure 2.5 Effet de quatre impacts écologiques de la route sur une population animale en fonction du temps écoulé pour l'effet cumulatif. Modifié de Forman *et al.*, 2003 p.135

Les conséquences de la fragmentation des habitats sur les espèces sont complexes car celles-ci répondent différemment à la perte et à l'isolement de leur habitat. De manière générale, les espèces présentant une mobilité limitée, nécessitant de grands espaces vitaux ou dépendant fortement d'un certain type d'habitat en seront les plus touchées (Baghli *et al.*, 2007). Par exemple, une densité de route de 0,6 km / km<sup>2</sup> semble être le maximum pour un paysage naturel qui fonctionne et contient une population soutenue de grands prédateurs comme le loup. Malgré ce bon indicateur, la présence de grands espaces sans routes sont les meilleurs indices d'un bon habitat pour les grands vertébrés et les valeurs écologiques

associées (Forman et Alexander, 1998). Réciproquement, les espèces plutôt abondantes dans le paysage, qui utilisent une variété d'habitats et sont plus résistantes aux perturbations peuvent ne pas être affectées de manière significative (Baghli *et al.*, 2007).

En plus de causer des pertes d'habitat, du dérangement, une diminution de la qualité de l'eau adjacente, l'érosion et la sédimentation dans les cours d'eau, les voies de transport apportent bien souvent le développement humain (Forman et Alexander, 1998). Par exemple, entre 1978 et 1988, l'Amazone brésilienne a vu la fragmentation se concentrer au sud-est, tout le long de la ligne de transport (Meggers, 2003). Ce développement humain causera un tort particulier au milieu forestier.

### 3. CONSTRUIRE SANS DÉTRUIRE

Face à cette problématique de fragmentation de l'habitat, des solutions existent pour limiter l'impact des corridors routiers sur les déplacements fauniques. Les méthodes qui diminuent les risques de mortalité pour la faune qui traverse la route sont aussi bénéfiques pour les usagers de la route. Dans ce sens, plusieurs mesures ont été testées à travers le monde entier. La figure 3.1 présente les différentes techniques utilisées aux États-Unis pour diminuer les collisions routières avec la faune et leur taux de succès respectif. Ainsi, on constate que les passages fauniques supérieurs et inférieurs doublés d'une clôture sont les moyens les plus efficaces. En effet, la figure 3.1 montre qu'il vaut mieux agir sur l'animal que sur l'humain pour éviter les collisions.

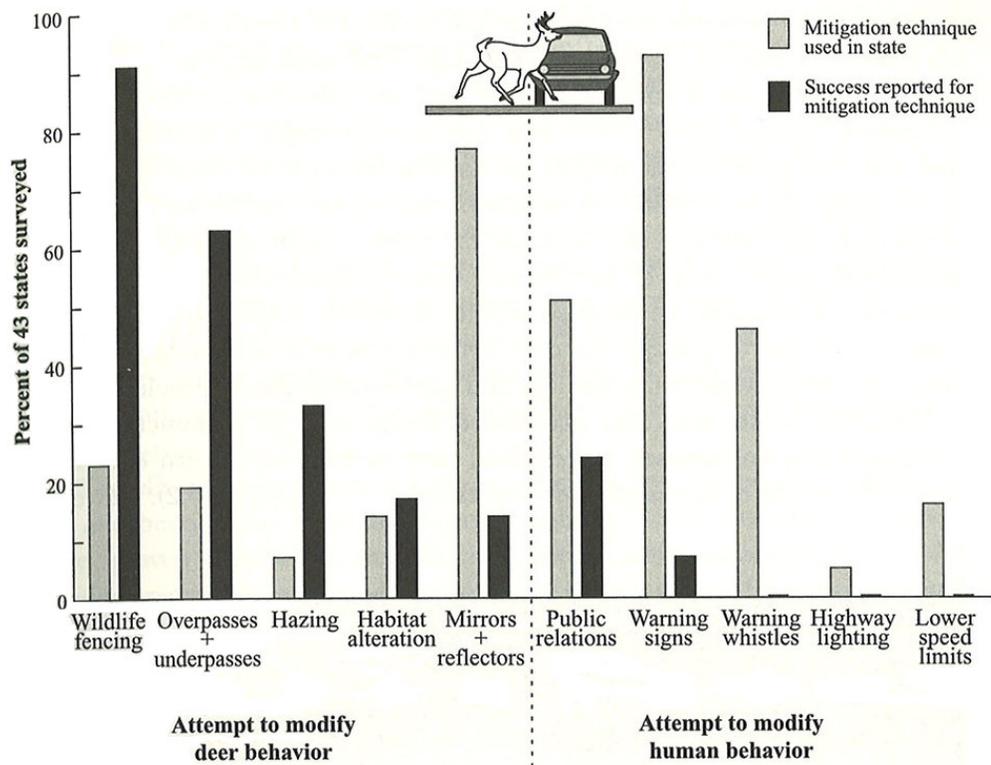


Figure 3.1 Techniques utilisées aux États-Unis pour réduire les collisions routières avec les cerfs. Modifié de Forman *et al.* (2003, p.141)

Ce chapitre présente donc les différents types de passages fauniques, les structures qui doivent être jumelées aux clôtures et les aménagements servant à favoriser l'utilisation de ces passages. Mais d'abord, voyons les besoins en matière de passage, des différentes espèces fauniques présentes au Québec. Des recommandations générales finissent la section en conseillant des mesures à appliquer pour préserver la connectivité des habitats.

### **3.1 Préférences spécifiques des animaux du Québec**

Comme de nombreuses structures de franchissement de la route sont possibles, il est très important de considérer l'espèce ou le groupe d'espèces à faire traverser. En effet, certaines espèces ne nécessitent pas de caractéristiques particulières pour franchir les passages fauniques, mais d'autres requièrent plus d'attention pour certains facteurs comme le bruit, l'emplacement, la taille, le substrat, la température, la lumière et l'humidité (Jackson et Griffin, 2000). Puisque les espèces répondent différemment au design des structures (Clevenger et Waltho, 2005), utiliser le comportement animal comme guide pour aménager spécifiquement les structures est un gage de succès. Ignorer le comportement animal est au contraire, une erreur coûteuse (USDA Forest Service, 2005).

Pour effectuer une bonne analyse de l'espèce, il est aussi possible de se baser sur les caractères physiques de celle-ci. Comme la plupart des espèces sont en constant danger de prédation, on retrouve sur leur corps, des caractéristiques de leur défense contre leurs principaux prédateurs. Par exemple, on peut penser qu'une espèce qui possède de très grandes oreilles détecte le danger par l'audition, donc un environnement bruyant lui sera défavorable. Les animaux nocturnes voient mieux dans le noir, un passage éclairé risque donc de les rebuter. Pour éclairer un passage utilisé aussi par les piétons, des lumières rouges peuvent être utilisées car elles n'ont que peu d'impact sur la faune; c'est d'ailleurs ce qui a été préconisé dans le passage mixte du boulevard Robert-Bourrassa à Québec (voir la section 5.5). Aussi, un animal qui utilise le camouflage pour ne pas être détecté devra se trouver sur un substrat approprié pour éviter la prédation. Une structure de franchissement de la route qui seconde les moyens de défense des utilisateurs est aussi un bon indice de succès (USDA Forest Service, 2005).

Cette section contient donc une analyse des caractéristiques et comportements des espèces vivant au Québec. Basée en partie sur l'extrapolation de références étrangères pour des espèces cousines, cette analyse permet d'identifier certaines exigences ou contraintes des espèces indigènes concernant les passages fauniques. Ces informations sont rassemblées selon les différents groupes d'espèces.

### **3.1.1 Les grands mammifères**

Dans ce groupe général, il est possible de distinguer deux sous-groupes suffisamment différents pour les traiter séparément. On retrouve donc les ongulés qui préfèrent les passages supérieurs alors que les carnivores et omnivores sont plus à l'aise dans un passage inférieur (Cramer et Bissonette, 2005).

Effectivement, selon leurs caractéristiques comportementales, les ongulés, comme la plupart des espèces proies, préconisent les passages à éclairage naturel (Cramer et Bissonette, 2005). Il est donc fort probable que le cerf de Virginie, l'orignal et le caribou préfèrent des passages plus ouverts, larges et éclairés que la plupart des autres mammifères. Dans ce sens, le passage supérieur est optimal; cependant, les passages inférieurs comportant une bonne ouverture fonctionnent aussi très bien (Cameron, 2005 ; Cramer et Bissonette, 2005 ; Clevenger et Waltho, 2000). De plus, le substrat du sol est particulièrement important pour les pattes élancées des ongulés; les pierres de roc dynamité étant une surface beaucoup moins hospitalière qu'un sol naturel terreux (Bédard, 2007).

Parmi les facteurs influençant la fréquentation des structures de franchissement par les grands mammifères, la présence humaine est déterminante, particulièrement pour les carnivores (Clevenger et Waltho, 2000). Les loups, couguars, coyotes et lynx étant des prédateurs embusqués, ils préfèrent les ponceaux (Cameron, 2005 ; Rodriguez *et al.*, 1996 ; Prescott et Richard, 2004). Malgré qu'ils passent dans d'étroits tunnels, les grands carnivores ont besoin d'une bonne visibilité à travers la structure. De manière plus spécifique, une étude de Clevenger et ses collaborateurs (2001) a montré que le passage du coyote est affecté négativement par l'augmentation du bruit et de la largeur de la route et

encore plus par le volume de trafic, tandis que les petits mammifères (ses proies) n'en sont pas affectés. Le coyote se contente généralement de ponceaux de 1 à 1,5 m de diamètre (Clevenger *et al.*, 2001).

Tout seul dans sa catégorie, l'ours noir, semble préférer les passages plutôt étroits et bas ; les ponceaux avec de l'eau et un espace sec sont donc parfaits. Une végétation herbacée dans les approches du passage lui convient bien (Donaldson, 2005). L'ours étant plutôt opportuniste, il s'accommode bien de tout, dépendamment de ses besoins.

En résumé, l'aménagement d'un passage pour les grands mammifères peut se faire autant en passage inférieur que supérieur. Au Québec, actuellement, de tels passages n'en sont qu'à leur début, il faut donc miser sur des structures peu coûteuses et le faire seulement lorsqu'une route traverse un habitat important, particulièrement si elle est clôturée. Le passage impliquant les moindres coûts est un pont qui franchit une rivière et que l'on surdimensionnera pour permettre l'aménagement d'une ou deux rive(s) favorisant le passage de la faune. Il arrive même que le surdimensionnement de la structure ne soit pas nécessaire; un bon aménagement des remblais sous le pont peut suffire. Malgré qu'elles soient moins abordables que les énormes remblais, les structures sont favorables aux mouvements fauniques et devraient être préconisées lorsque la route franchit un creux dans le paysage (en voir la comparaison à la figure 3.2). Comme de telles structures impliquent des coûts, il est important de connaître le milieu afin de déterminer s'il est propice ou non au franchissement de la route.



Figure 3.2 Photos comparant une structure (Espagne) et un remblai (Royaume-Uni) pour traverser le fond d'une vallée. Tiré de Iuell *et al.* (2007, p.61)

Aussi, des tunnels mixtes peuvent être aménagés à très bas coûts. Effectivement, une structure autant sur un cours d'eau que sur un chemin agricole, forestier ou un chemin de fer peut très bien servir la faune si son positionnement est bon et qu'il est peu utilisé par l'humain, particulièrement en période nocturne, période à laquelle la plupart des animaux se déplacent. Des modifications légères, comme la végétalisation des abords et la naturalisation du substrat sur des structures existantes, peuvent créer un passage efficace. Des mesures incitatives, clôtures ou l'aménagement de salines à proximité, seront parfois nécessaire pour habituer les animaux à ce passage. En Estrie, un viaduc construit en vue d'y faire un échangeur permet le passage des cerfs de Virginie sans autres mesures. L'idée de l'échangeur ayant été abandonnée, la nature a repris le dessus et les cerfs se sont habitués à y circuler (voir la section 5.2).

### **3.1.2 Les petits mammifères et micromammifères**

Comme chez les grands mammifères, certaines espèces ne requièrent pas d'aménagement particulier pour circuler dans un passage faunique. Opportunistes, la moufette et le raton laveur ne dédaignent pratiquement aucun passage (Jackson et Griffin, 2000). Pour certains autres, c'est plus complexe et parfois même contradictoire. Par exemple, les belettes préfèrent un passage haut, mais peu ouvert alors que la martre apprécie la grande ouverture et la faible hauteur. Ces caractéristiques viennent du fait que les belettes chassent sous terre, elles ne ressentent donc pas le besoin de voir le bout, alors que la martre vit dans une canopée dense avec plusieurs sous étages (Clevenger *et al.*, 2001). Voici donc des caractéristiques préconisées par des espèces animales en particulier.

Les insectivores, rongeurs et lagomorphes utilisent préférentiellement les passages supérieurs (Rodriguez *et al.*, 1996). C'est fort probablement parce que le bruit, la largeur de la route et le volume de trafic affectent le passage, en particulier, du lièvre et de l'écureuil. Ceux-ci ainsi que les petits carnivores doivent apercevoir l'extrémité du tunnel avant de s'y engager (Clevenger *et al.*, 2001). Aussi, dans leur habitat normal, certaines espèces utiliseront des gros débris de bois comme un tronc creux en guise de corridor de traverse, un petit ponceau sera donc susceptible de les intéresser (USDA Forest Service, 2005). Par

contre, le renard étant un prédateur, il lui faut une bonne visibilité, mais il n'hésite pas à s'engager dans un tunnel d'au moins un mètre de diamètre (Clevenger *et al.*, 2001).

Ces caractéristiques peuvent s'avérer utiles pour favoriser le passage préférentiel de quelques espèces, mais si on veut simplement connecter les habitats, certains aspects sont généralisables. Effectivement, de façon générale, les petits animaux aiment les petits passages (30 cm de diamètre) puisque ceux-ci réduisent le risque de prédation en limitant la taille de l'animal qui peut y entrer (Cameron, 2005 ; McDonald et St-Clair, 2004).

De la même façon, pour traverser un grand passage, les petits animaux ont besoin de couvert sous la forme de souches, de pierres ou d'herbage (Cramer et Bissonette, 2005 ; Rodriguez *et al.*, 1996 ; USDA Forest Service, 2005). Une étude québécoise de Gélinas, Maisonneuve et Bélanger (1996) stipule que l'abondance d'arbres morts au sol est directement reliée à la présence de certaines espèces de micromammifères (souris, musaraignes, campagnols). Un couvert semble primordial, mais il ne doit pas être trop dense puisqu'il entraînerait des mouvements tortueux qui se soldent rarement par une traversée complète. Un couvert moyen est idéal (McDonald et St-Clair, 2004). Un passage mixte piéton-faune a été aménagé à Québec sous le boulevard Robert-Bourrassa qui fractionne le Parc de l'escarpement, un des plus important boisé urbain de la ville. Le sentier piéton central est accompagné d'un substrat naturel, de végétation et d'andains de souches et de pierres que les petits et micromammifères utilisent abondamment (figure 3.3) en se faufilant. Ces installations sont primordiales à leur passage (voir la section 5.5).

Tel que vu précédemment, les routes représentent une plus grande difficulté de franchissement pour la petite faune que pour la grande faune. En présence d'une route, les petits mammifères ont tendance à étendre leur domaine vital le long de cette structure linéaire plutôt que de la franchir (McDonald et St-Clair, 2004). Malgré cette observation, il peut parfois leur être essentiel de traverser la route. Clevenger et ses collaborateurs (2001) ont su montrer que les ponceaux peuvent diminuer l'effet des routes sur les petits mammifères. Même que certaines espèces comme la martre sont prêtes à entretenir un passage (creuser la neige au besoin) pour éviter la route (Clevenger *et al.*, 2001).



Figure 3.3 Andain de déchets ligneux et pistes de mammifères observées dans le parc de l'Escarpement sous le boulevard Robert-Bourrassa à Québec. Photos : Mélanie Bouffard

Les passages à préconiser pour la circulation de la petite faune seraient diversifiés, mais toujours avec un bon couvert jusqu'à la structure. Les mammifères de grosseur égale ou inférieure à la martre franchiront sans problème des tunnels de 50 à 100 cm de diamètre (Clevenger *et al.*, 2001). Les micromammifères préfèrent qu'on leur aménage un tube fixé dans ou sur le passage à petite faune avec un accès couvert tel que représenté à la figure 3.4; sentir quelque chose directement au dessus de leur tête les rassure (Foresman, 2004). Il peut être utile de creuser une rigole dans le sol ou le béton pour guider les petits animaux (Iuell *et al.*, 2007). Il est aussi possible d'attirer les petits mammifères dans les passages à grande faune ou mixtes en plaçant des souches et des pierres le long de la paroi.

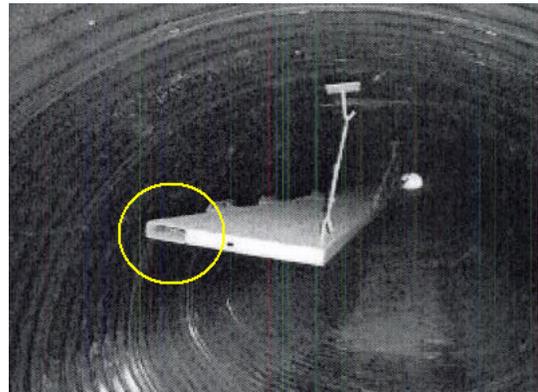


Figure 3.4 Tunnel pour les micromammifères sous un passage de type tablette. Tiré de Foresman (2004, p.39)

### 3.1.3 Reptiles et amphibiens

Très différents des mammifères, les reptiles et amphibiens doivent parfois traverser la route et leur rythme est parfois un peu trop lent pour la circulation routière, ce qui engendre de grandes pertes lors des migrations qui se concentrent au printemps et à l'automne (Rodriguez *et al.*, 1996). Classés ensemble, ils présentent aussi de grandes différences : les amphibiens ont besoin de tunnels humides et frais tandis que les reptiles préfèrent les passages intermédiaires comportant la chaleur du soleil et des coins d'ombre frais pour leur thermorégulation (Cramer et Bissonette, 2005 ; Rodriguez *et al.*, 1996). Cependant, les caractéristiques particulières des espèces pour lesquelles le passage est aménagé sont toujours à surveiller. Par exemple, pour un passage à tortues, le ponceau circulaire est à proscrire puisque celles-ci ont une forte propension à grimper sur les parois et se retrouver coincées sur le dos (Hilty *et al.*, 2006).

Les amphibiens (grenouilles, crapauds, salamandres et tritons) sont aptes à franchir des tunnels d'une longueur de deux largeurs de voie routière, mais leur traversée sur une plus grande distance est incertaine. Aussi, malgré le stade de vie aquatique obligatoire qui les caractérise, les amphibiens n'utilisent pas tous les passages aménagés en bordure d'un cours d'eau pour la migration et l'eau qui s'y écoule est susceptible d'en décourager certains (Jackson et Griffin, 2000). En somme, l'humidité et la lumière sont des facteurs à combiner. Cependant, certaines salamandres utilisent les amoncellements rocheux pour se déplacer, donc le substrat naturel importe même dans une structure artificielle (USDA Forest Service, 2005).

Contrairement aux mammifères, les reptiles et amphibiens n'apprennent pas à utiliser un passage, il faut les y guider chaque fois (Jackson et Griffin, 2000). Une grille collectrice (clôture) ou une tranchée est donc nécessairement associée aux traverses pour reptiles et amphibiens. Pour un aménagement qui en vaut la peine, il faut choisir des endroits où la route sépare l'habitat du site de reproduction. Un nombre limité de structures ayant été testées, tout passage réunissant les conditions de lumière, d'humidité et de substrat est efficaces *a priori*. En Estrie, le passage pour amphibiens du lac Brompton a fait passer le

taux de mortalité lors de la reproduction des grenouilles de 90% à près de 0 (voir la section 5.1).

### 3.1.4 Les oiseaux

Sans réel besoin de structures de franchissement des routes, les oiseaux, tout comme les insectes, peuvent quand même bénéficier de certains aménagements. En fait, les canopées de chaque côté de la route devraient être les plus près possible pour que les oiseaux se déplacent suffisamment en hauteur pour éviter les voitures. La présence d'arbres en bordure de route peut être fort bénéfique au franchissement de la route sans accident pour les oiseaux. La figure 3.5 montre bien que les arbres font prendre de l'altitude aux oiseaux qui

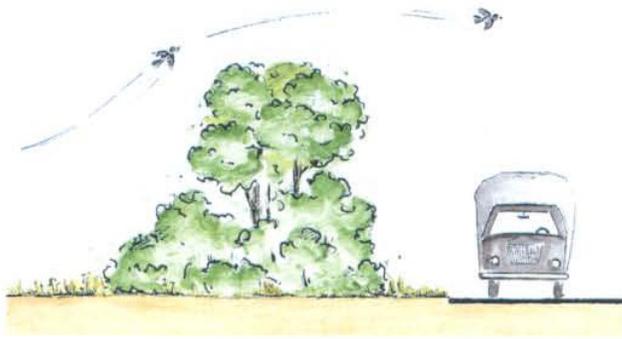


Figure 3.5 Avantage des arbres en bordure de la route pour les oiseaux. Tiré de Bekker et Vastenhout (1995, p.22)

évitent ainsi les voitures et camions. Lors du projet du boulevard Robert-Bourrassa (voir la section 5.5), les arbres du parc ont été conservés le plus près possible de la route à la traversée de la rivière Duberger. Cet effort permet de connecter la canopée en diminuant les impacts de la route sur le milieu naturel.

De plus, les oiseaux, particulièrement en période de nidification, seront très affectés par le bruit. Ils ont donc tendance à fuir les bords de route qui sont très bruyants. Des barrières végétales diminuant le bruit peuvent permettre aux oiseaux nicheurs de s'approcher et même traverser les routes (Reijnen *et al.*, 1995).

### 3.2 Différentes structures possibles

Des aménagements coûteux tels les passages supérieurs aux simples petits correctifs de structures existantes, voici toute une gamme de structures de franchissement possibles,

ainsi qu'une brève description de ceux-ci et leurs avantages et inconvénients. Plus de détails sont présentés dans le document d'Ostiguy (2006).

### 3.2.1 Passage supérieur ou écopont

C'est une structure végétalisée qui passe au-dessus de la route et qui sert au passage exclusif des animaux. Cette structure maintient l'écologie du site, l'hydrologie, le substrat, la végétalisation (USDA Forest Service, 2005) et permet d'accommoder une plus grande quantité d'espèces que le passage inférieur. Ce passage est aussi moins bruyant puisqu'il comporte des butes anti-bruit ou des arbres en bordure comme le montre la figure 3.6.

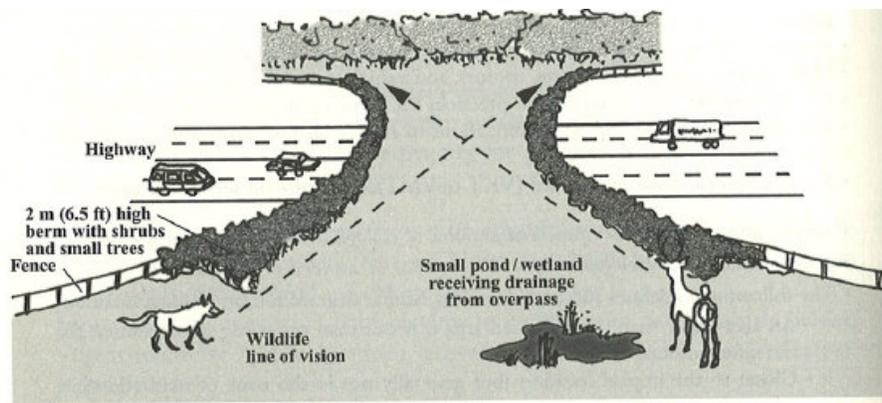


Figure 3.6 Aménagements possibles d'un passage supérieur. Tiré de Forman *et al.* (2003, p.146).

Par contre, ce type de passage est moins efficace que le passage inférieur pour les espèces semi aquatiques comme le rat musqué et le castor (Jackson et Griffin, 2000).



Figure 3.7 Passage supérieur dans le Parc National de Banff. Photo : Yves Leblanc

L'expérimentation de ce type de passage est répandue en Europe et quelques écoponts ont aussi été aménagés dans le Parc national de Banff en Alberta dont celui de la figure 3.7. Un problème est noté particulièrement sur la structure en arche de certains de ces ponts ; le dénivelé qui entraîne un manque de visibilité rebute certaines espèces (Cameron, 2005).

### 3.2.2 Pont de corde

Construit de corde et monté sur un fil métallique pour en assurer la solidité, ce pont est fixé à chaque extrémité à un arbre solide ou à un poteau. Il joint les deux sections de canopée et constitue une route alternative pour le mouvement des espèces arboricoles (voir figure 3.8). Il peut s'agir de quelques cordes placées ensemble, d'un filet ou d'un tunnel de corde bien structuré. Son utilisation est importante dans les forêts ombrophiles australiennes (Goosem *et al.*, 2005).



Figure 3.8 Pont de corde au-dessus d'une route en Australie. Tiré de Goosem (2005, p.307)

Particulièrement importants dans les grands parcs situés en zone urbaine où la mortalité des écureuils par collision est élevée, les ponts de corde doivent être suffisamment solides pour permettre le passage des animaux. Quelques zones abritées peuvent aussi y être aménagées afin de diminuer le risque de prédation. Dans le même sens, si le pont n'est pas en tunnel, une mince corde tendue au dessus du passage diminue la prédation par les oiseaux de proie. Ces installations à faible coût peuvent être encore moins dispendieuses lorsqu'elles sont aménagées conjointement avec les portiques de signalisation au-dessus des grandes autoroutes (Iuell *et al.*, 2007).

Les prochaines structures sont des zones de franchissement situées sous la route. Quoique plusieurs espèces préfèrent les passages supérieurs, il semble que les animaux s'habituent aux passages inférieurs (Cameron, 2005).

### 3.2.3 Viaduc

Large passage inférieur, sec, de plus de 30 m de largeur et au minimum 4 m de hauteur, il ne restreint pas le passage des animaux. Par son grand dégagement et sa luminosité, c'est le

passage inférieur le plus largement utilisé. Parfois conçu que pour le passage de la faune, il est le plus souvent associé au franchissement d'une vallée sans cours d'eau. La végétation peut y pousser et le milieu est en continu. Ces caractéristiques se rapprochent beaucoup du passage supérieur. Le viaduc est par contre plus bruyant que l'écopont, particulièrement s'il possède une ouverture entre les voies séparées de la route (Jackson et Griffin, 2000). Comme il ne profite pas d'un corridor de déplacement préférentiel tel un cours d'eau, le choix de sa localisation est crucial pour son succès d'utilisation ; il sera souvent associé à un ravage du cerf de Virginie.

### **3.2.4 Tunnel mixte**

Le tunnel mixte est un passage servant à différents utilisateurs. Il peut aussi bien être jumelé à une piste cyclable qu'à une route très peu passante ou à un sentier pédestre ou encore à un chemin agricole. Il faut par contre que les animaux puissent y circuler sans trop de dérangement humain : un défi de taille. La structure doit être suffisamment large pour bien séparer l'espace destiné aux humains à celui dédié aux animaux. Ce dernier sera aménagé de façon à dissuader le passage de l'humain. La végétalisation des abords et le positionnement de souches et de grosses roches dans le passage rendent le milieu hostile à l'humain et apportent le couvert nécessaire à la faune locale. Ce type de structure est intéressant de par le rapport coût / efficacité de son aménagement pour la petite faune. En effet, il suffit de bien peu pour rendre fréquentable cette structure qui devait être bâtie pour les piétons (SETRA, 2005). Le passage du parc de l'Escarpe sous le boulevard Robert-Bourrassa en est un très bel exemple (voir la section 5.5).

### **3.2.5 Pied sec construit**

Un pied sec construit désigne une structure servant au franchissement d'un cours d'eau aménagé sur une ou deux berges pour permettre le passage hors de l'eau (voir celui du boulevard Robert-Bourrassa à la section 5.5, figure 5.9). Ce sentier facilite le passage des animaux utilisant ce corridor biologique naturel. Les espèces utilisatrices dépendent de la grosseur de la structure ; il peut très bien ne s'agir que de passages pour la petite faune.

La lumière y est plus limitée que sous un viaduc, ce qui limite le passage de certaines espèces. Le ponceau rectangulaire (box) est préférable aux tuyaux puisqu'il offre plus de dégagement (Jackson et Griffin, 2000). Ce type de passage est moins dispendieux puisque la structure sera bâtie pour le cours d'eau et la sur largeur est parfois minime par rapport à la structure elle-même. Parfois, il est possible d'aménager un tel sentier sans surdimensionner la structure puisque les dimensions standard sont souvent plus grandes que la nécessité hydraulique, dégageant ainsi une marge de manœuvre permettant des aménagements supplémentaires (Bédard, 2007). Le passage peut être aménagé dans ce type de pont ou ponceau à différents niveaux, ce qui fera en sorte d'inonder le sentier de façon plus ou moins fréquente.

### 3.2.6 Tuyau sec

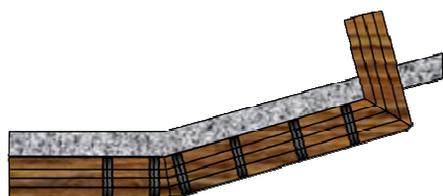
Il s'agit d'un ponceau qui ne reçoit de l'eau que quelques jours dans l'année. Souvent retrouvé pour le franchissement de cours d'eau non permanents, il ne suffit que d'un minimum d'aménagements aux extrémités pour en favoriser l'utilisation par la faune (Jackson et Griffin, 2000). Il peut aussi être disposé à côté d'un ponceau de cours d'eau qui ne possède aucune structure de franchissement, comme à la figure 3.9 ; il permet donc à la faune qui suit le cours d'eau de traverser dans le même corridor biologique. Son utilisation est bonne si la longueur est de moins de 70 m puisque l'effet tunnel risque d'en décourager certains (Ostiguy, 2006). Un matériel naturel plutôt terreux peut être ajouté pour en faire une surface plus accueillante.



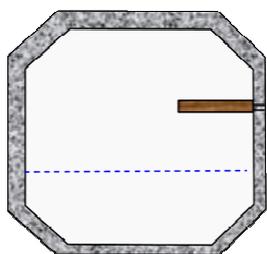
Figure 3.9 Tuyau sec de 60 cm à proximité du ponceau du ruisseau des Brûlés sous la route 175.  
Photo : Mélanie Bouffard

### 3.2.7 Tablette en porte-à-faux

Dans le cas de tablette ajoutée (figure 3.10), une tablette perméable en acier assez résistante devrait être choisie car elle facilite le passage de la plupart des espèces, laisse passer l'eau



Vue en plan



Coupe type

Figure 3.10 Schéma d'une tablette aménagée à l'intérieur d'un ponceau. Tiré d'Ostiguy (2006, p.7)

et est suffisamment solide pour durer. L'entrée de cette tablette devrait être placée de façon à ne pas obstruer le passage de l'eau, ni accumuler des débris ou empêcher l'accès lors d'un niveau d'eau élevé (Foresman, 2004). Si la capacité hydraulique n'est pas un enjeu, une tablette de béton intégrée au ponceau semble aussi être une solution durable que les animaux n'hésiteront pas à emprunter. La tablette de planches de bois est présentement à l'essai dans la RFL (5.6), si la durabilité est bonne avec un minimum d'entretien, elle sera aussi une bonne option.

### 3.2.8 Berges naturelles ou lit majeur

La reproduction d'un lit de cours d'eau naturel peut suffire pour faciliter le passage de plusieurs animaux tels les salamandres, les grenouilles, les petits mammifères et certains invertébrés aquatiques. Il suffit de garder suffisamment d'espace entre les parois du ponceau pour conserver des berges au cours d'eau qui seront exondées à l'étiage (lit majeur). Dans le pont ou le ponceau, le substrat aménagé doit être naturel et de grosseur suffisante pour résister aux vitesses de courant des crues et la végétation des extrémités doit se rapprocher le plus possible de la structure. Cette structure demande un minimum d'aménagements, profite d'un substrat naturel et possède l'avantage de favoriser aussi le passage des espèces pélagiques en concentrant l'écoulement dans le lit mineur.



Figure 3.11 Photo du lit majeur en construction du ruisseau Bureau dans la RFL. Photo : Mélanie Bouffard

### 3.3 Les aménagements connexes

Les passages fauniques jouent un rôle important pour la connectivité des habitats, mais il faut parfois favoriser leur utilisation. Effectivement des aménagements supplémentaires sont nécessaires, car même si l'intérieur du passage est aménagé de façon idéale, il faut que l'animal s'y rende pour en bénéficier. Après avoir investi des sommes importantes pour aménager un passage, il est primordial de mettre les efforts nécessaires pour s'assurer de son efficacité. Voici donc une série d'aménagements complémentaires visant à favoriser l'utilisation des passages fauniques.

#### 3.3.1 La végétalisation des extrémités

Essentielle, cette étape ne devrait jamais être négligée. La structure de franchissement doit se fondre dans le milieu et être en continuité avec le milieu naturel pour tous les utilisateurs visés. Les espèces forestières auront besoin du même couvert forestier pour accéder au passage (Clevenger *et al.*, 2001). Une végétation indigène placée aux entrées du passage apporte le couvert nécessaire aux espèces proies pour se déplacer sans trop s'exposer aux prédateurs. L'entretien de cette végétation est aussi un facteur influençant l'utilisation de la structure de franchissement (Jongman et Pungetti, 2004). Le réaménagement de sentiers fauniques et de la végétation peut aussi diriger les animaux vers le passage (Jackson et Griffin, 2000).

### 3.3.2 La clôture à faune et ses structures

Une autre bonne manière de mener la faune à utiliser le passage est la pose de clôtures. Complémentaire aux aménagements des abords, elle vise à canaliser les déplacements dans le passage tout en empêchant les animaux d'accéder à la route. La clôture à faune peut être utilisée de deux principales façons : en continu afin de protéger les automobilistes et la faune des collisions, et en sections de quelques centaines de mètres dans le but unique de conduire les animaux vers un passage faunique situé à proximité. Il y a également différents types de clôtures en fonction des espèces visées : la clôture à grande faune, la clôture à petite faune et celle à micromammifères. La réputation de la clôture à grande faune n'est plus à faire puisqu'il a été démontré que la pose de clôtures diminue la mortalité animale causée par les véhicules de 96% (Gouvernement du Canada, 2003). Malgré le coût élevé, la société gagne à implanter de tels systèmes, ne serait-ce qu'au plan de la sécurité et des montants déboursés par la Société d'assurance automobile du Québec chaque année (Donaldson, 2005).

Ce qui est entendu comme clôture à grande faune est une clôture haute à mailles larges qui confine la grande faune, principalement les ongulés. Les poteaux doivent être solides et ancrés profondément dans le sol pour éviter les bris causés par les animaux. De la même façon, le grillage doit être placé à l'extérieur des poteaux, soit du côté du milieu naturel pour éviter que la grande faune ne le décroche des poteaux en poussant (Bank *et al.*, 2002). Une telle clôture n'est pas étanche à toute la grande faune car les ours noir y grimpent et les canidés creusent pour passer en dessous. Malgré tout, il s'agit d'une mesure très efficace pour les ongulés (Jackson et Griffin, 2000). D'ailleurs, au Québec, les orignaux et les cerfs de Virginie sont visés par la clôture à grande faune qui devrait réussir à les diriger vers les passages fauniques.

Souvent utilisée comme mesure de sécurité pour les automobilistes, cette clôture contribue, là où elle est installée, à fractionner l'habitat et à rendre le corridor routier infranchissable pour certaines espèces. C'est pour cette raison, bien expliquée à la deuxième section du présent ouvrage, qu'elle ne devrait jamais être utilisée sur de grandes distances sans

passages fauniques. Si la sécurité routière n'est pas en jeu, elles ne devraient être posées que si la mortalité animale menace toute une population (Iuell *et al.*, 2007). Aussi, son utilisation devrait entraîner d'autres structures obligatoires telles les sorties à sens unique (figure 3.12). Ces structures sont aménagées dans la clôture, là où les risques d'intrusion sont les plus grands, soit aux extrémités et près de barrières d'accès très utilisées. Il s'agit d'un dispositif qui



Figure 3.12 Photo d'une sortie à sens unique pour les orignaux (RFL). Photo : Yves Leblanc.

permet le passage de l'orignal de l'intérieur de l'emprise routière vers le milieu naturel sans permettre le contraire (Cramer et Bissonette, 2005). Dans le même but, des sautoirs pour les cerfs de Virginie (figure 3.13) sont aménagés dans l'emprise, là où cette espèce est visée par les clôtures. Il s'agit simplement d'une butte non clôturée, mais dont le côté extérieur (dans le prolongement de la clôture) est fait d'un muret difficilement franchissable pour l'animal qui arrive de la forêt, mais d'une hauteur raisonnable (1,5 m) pour qu'un animal captif à l'intérieur de l'emprise puisse retourner vers le milieu naturel (voir la figure 3.13). Du côté forêt, du sable amortit le contact de l'animal avec le sol.



Figure 3.13 Rampe de fuite ou sautoir vu de la route (gauche) et de la forêt (droite). Photos : Yves Leblanc (gauche) et Jacques Fortin (droite)

Là où la clôture doit être traversée par les véhicules, les chemins d'accès sont munis de barrières. Aux endroits très fréquentés où la gestion d'une barrière serait peu réaliste, des structures anti-cervidés sont aménagés au sol (figure 3.14). Faite de tubulure, cette structure permet aux véhicules d'y circuler, mais les pattes des ongulés ne peuvent la traverser. Un étroit passage pour piéton peut y être installé au besoin.



Figure 3.14 Passage anti-cervidé jumelé à la clôture à grande faune (en construction) dans la RFL. Photo : Yves Leblanc

La clôture pour la grande faune peut aussi être placée sur environ un kilomètre de chaque côté d'un passage faunique aménagé. Dans ce cas, elle canalise les animaux vers le passage, ce qui permet de favoriser l'utilisation du passage en détournant la faune de la route. En Arizona, de tels aménagements ont permis de diminuer localement les collisions des véhicules avec les cerfs de 86% (Gagnon *et al.*, 2007).

La clôture à petite faune est moins haute, possède des mailles plus petites et est enfouie de 20 à 40 cm dans le sol pour contrer le creusage. Elle est souvent doublée d'un grillage fin dans sa moitié ou son tiers inférieur (clôture à micromammifères) (Bank *et al.*, 2002). Peu utilisée jusqu'à maintenant au Québec, elle est placée avec la clôture à grande faune presque partout en Europe. À certains endroits, le grillage fin est recourbé de façon à éviter que les mammifères grimant dans le grillage puissent le contourner. Au Québec, la méthode testée est plutôt une feuille métallique épaisse, étanche et enfouie qui évite la grimpe et saura résister aux conditions hivernales québécoises (voir la section 5.5).

### 3.4 Recommandations pour des structures québécoises

Le Québec ayant très peu de structures de franchissement des routes sur son territoire, cette pratique est encore très jeune. Nos routes sont vraisemblablement moins achalandées que celles de l'Europe. La situation étant moins critique, les recommandations des textes européens prônant des structures tous les 300 m le long des autoroutes ne sont probablement pas nécessaires pour la situation québécoise actuelle. Par contre, il ne faut pas attendre que la situation se dégrade avant de proposer de bonnes pratiques.

En tenant compte de la réalité québécoise, certaines recommandations peuvent tout de même s'appliquer lors de la conception d'un projet de route:

- Bien analyser le territoire au niveau du paysage (massifs, corridors naturels ou anthropiques) afin de connaître les habitats et les zones préférentielles de déplacement puisque, selon plusieurs experts, la localisation du passage faunique est le principal facteur en déterminant la fréquentation (Rodriguez *et al.*, 1996 ; Jackson et Griffin, 2000). À ce niveau, l'adoption d'un tracé suivant les contours naturels constitue, en général, une bonne pratique (Iuell *et al.*, 2007). Collaborer avec des gens et organismes qui connaissent le milieu peut être fort utile (Hilty *et al.*, 2006). L'emplacement est d'autant plus important chez les petits mammifères pour qui le déplacement peut être limité (Jackson et Griffin, 2000).
- Favoriser l'usage de structures importantes dans les zones les plus passantes au niveau faunique. Utiliser des pieds secs à chaque fois qu'une structure franchit un cours d'eau dans une zone écologique importante. Installer des passages de 30 cm de diamètre pour franchir la route quand celle-ci passe entre une montagne et un milieu humide (pour les amphibiens et les reptiles) (Jackson et Griffin, 2000). Sans oublier de placer des structures en milieu perturbé puisque celles-ci sont encore plus essentielles pour la préservation de certaines populations animales (Iuell *et al.*, 2007).
- Pour maximiser la connectivité à travers les routes, il devrait y avoir une diversité de grosseurs et de types de passage (Clevenger et Waltho, 2005 ; Jackson et Griffin,

2000). De plus, la densité de ces mesures d'atténuation doit se fonder sur des études de vulnérabilité (Iuell *et al.*, 2007).

- Le passage doit être conçu en ligne droite pour favoriser la luminosité et assurer une bonne visibilité (Jackson et Griffin, 2000 ; Cramer et Bissonette, 2005). Pour les mammifères, l'indice d'ouverture (largeur × hauteur / longueur) devrait être plus grand que 1,5 (Iuell *et al.*, 2007).
- Le couvert est primordial aux extrémités du passage puisqu'il assure le lien entre la structure et le milieu naturel. Des plantations doivent donc être prévues dès la fin du chantier de construction (Cramer et Bissonette, 2005).
- Il importe de s'assurer de l'avenir des territoires de chaque côté du passage (Cramer et Bissonette, 2005). Si leur avenir est incertain, les investissements impliqués devraient être moindres.
- Prévoir le suivi et l'entretien des structures avant même leur construction (Jackson et Griffin, 2000).
- Éviter les new jerseys et les clôtures s'il n'y a pas de structure de franchissement prévue (Jackson et Griffin, 2000). Si des new jersey sont nécessaires, positionner à intervalles réguliers des ouvertures à leur base (figure 3.15).

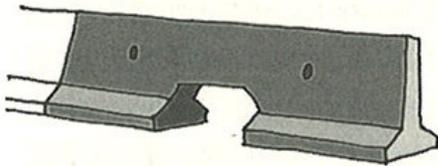


Figure 3.15 New jersey avec une ouverture pour la petite faune. Tiré de Forman *et al.* (2003, p.146)

Tout ne se situant pas qu'à l'étape de la conception, d'autres facteurs influencent le passage des animaux dans les structures aménagées. Entre autres, le bruit associé à la route peut être déterminant pour les espèces proies; le réduire en aménageant des buttes ou avec de la végétation est judicieux. La présence humaine doit aussi être réduite, surtout la nuit,

quoiqu'un passage aménagé aussi pour les piétons puisse être plus facile à « vendre » aux décideurs (Cramer et Bissonette, 2005). La simple lumière naturelle est à favoriser. Si le passage est aussi utilisé par les piétons et qu'il doit être éclairé, un éclairage rouge est préférable (Jackson et Griffin, 2000).

Quand la structure est fonctionnelle et le milieu propice au passage, des actions peuvent être prises pour amorcer les mouvements de passage. La structure peut être appâtée, odorisée, entourée d'une plante appréciée ou des feuilles d'arbres odorantes peuvent y être placées pour attirer les animaux (USDA Forest Service, 2005). Quand les animaux y circulent, ils y laissent des odeurs et ça peut favoriser le passage d'autres espèces ou le rebuter. Effectivement, certaines espèces proies peuvent décider de ne pas fréquenter le passage si son prédateur l'utilise (Jackson et Griffin, 2000).

Rappelons aussi que même s'il ne s'agit pas d'une nouvelle construction, il est possible de favoriser le passage dans des structures qui n'ont pas été prévues à cette fin. De simples modifications d'un ponceau peuvent donc parvenir à attirer la faune pour lui faire franchir une barrière linéaire en toute sécurité (Rodriguez *et al.*, 1996). Quant au coût, il peut être significatif ou non en fonction de l'envergure du projet total. Par exemple, la diminution des impacts écologiques d'un projet routier au Pays-Bas a coûté 5% du montant total de la construction. Toutefois, ce coût ne sera jamais aussi élevé que si on tenait compte de la véritable valeur enlevée à la nature par le projet : les externalités (Spellerberg, 2002).

N'allons pas croire que tout est simple; ces facteurs sont énumérés puisque testés comme tels, mais les différents facteurs interagissent et ces interactions n'ont que peu été testées. Par exemple, la fréquence de la présence humaine près d'une structure influence la caractéristique principale qui déterminera le succès de la structure. Effectivement, il a été montré par Clevenger et Waltho (2005) qu'en forte présence humaine, le design de la structure prime sur tout le reste alors qu'en faible présence humaine, c'est la localisation de la structure dans le milieu qui est primordiale dans la détermination de l'utilisation de celle-ci. Et tout cela dépend des espèces présentes.

#### **4. LA SITUATION INTERNATIONALE**

Les passages fauniques ont d'abord été développés en Europe dans les années 60 et visaient la protection du gibier. Leur conception était dictée surtout par des techniques d'implantation et de construction sans égard à l'écosystème ou aux espèces elles-mêmes. Par la suite, la conception et la localisation se sont basées sur des données comportementales et des études écosystémiques. La majorité des pays industrialisés ont emboîté le pas tout en adaptant le concept de passage faunique aux particularités des milieux et des espèces visés. Depuis quelques années, la préoccupation est de concevoir des structures qui seront adaptées au plus grand nombre d'espèces possible.

Le Québec sur ce plan n'en est qu'à ses débuts, mais les engagements internationaux visant la protection de la biodiversité et le développement durable devraient induire une plus grande considération des corridors biologiques.

Voici un bref état de ce qui se fait dans d'autres régions du monde où la faune est prise en compte dans certains projets routiers. Débutons par l'Europe pour ensuite mentionner l'Australie et terminer en se rapprochant d'ici avec les États-Unis et le Canada. Ce bref survol des passages fauniques au dessus ou sous les routes apporte des exemples qui peuvent servir d'arguments afin de justifier des investissements dans les passages fauniques au Québec.

##### **4.1 L'Europe**

Depuis longtemps fragmentée par une occupation importante du territoire, c'est l'Europe qui a vu naître les premiers passages fauniques au-dessus des routes, particulièrement depuis que celles-ci sont asphaltées. C'est en France, dans les années 60, à la faveur du développement autoroutier, que ces structures de franchissement de la route ont servi pour la première fois à la faune terrestre. En fait, c'est avec l'expansion de la construction des routes que des chasseurs français ont fait des pressions pour la construction de structure de passages supérieurs. Ces ponts permettaient aux animaux chassés de traverser les routes

sans se faire frapper par un véhicule. C'est ainsi que pour la chasse, plus de 150 *game bridges* furent construits. De largeurs de 5 à 10 m, ces ponts étroits servaient aussi à la traverse de chemins forestiers et agricoles. Ce sont ces ponts qui ont, par la suite, inspiré les écoponts et autres passages supérieurs reconnus aujourd'hui pour le passage exclusif ou mixte de la faune terrestre (Forman *et al.*, 2003). Mais pour les reptiles et amphibiens, c'est en Suisse, près de Zürich, qu'en 1969 le premier tunnel pour amphibiens a été construit (Puky, 2005).

Par la suite, c'est au gré des besoins que les passages fauniques se sont construits par-dessus et sous les routes d'Europe. Aujourd'hui, plusieurs pays européens possèdent un bon nombre de ces structures. La Suisse, entre autres, en possède une grande variété dont de très grands viaducs libérant de nombreuses vallées et de vastes sections d'autoroute en tranchée couverte qui sont jumelées à d'autres mesures pour la protection de la faune. En Allemagne, la loi oblige la pose de clôtures le long des autoroutes, puisque certains tronçons n'ont pas de limite de vitesse. Pour minimiser le fractionnement de l'habitat, les passages fauniques y sont donc très fréquents (plus de 40 passages supérieurs de largeur variant de 8,5 à 870 m) et d'autres sont en planification. Aussi, plus d'une centaine de projets de construction de passages et clôtures à amphibiens sont en préparation (Bank *et al.*, 2002).

Chef de file à l'échelle européenne en matière de relation entre la faune et la route, les Pays-Bas possèdent 1,5 km de route principale par kilomètre carré de territoire où de 10 000 à 50 000 véhicules par jour circulent (Forman et Alexander, 1998). La particularité dans ce pays, c'est que les mesures pour protéger la faune et les automobilistes proviennent d'organismes non gouvernementaux qui ont fait des pressions jusqu'à ce que le ministère des transports en fasse une priorité. Le territoire des Pays-Bas comporte donc plus de 600 ponceaux aménagés et une poignée d'écoponts de largeurs de 17 à 50 m. De plus, un plan national de connectivité y existe et est considéré dans tous les projets routiers (Bank *et al.*, 2002). C'est aussi grâce aux Pays-Bas qu'est né l'« Infra Eco network Europe », un important groupe de dirigeants et d'experts impliqués dans le phénomène de fragmentation des habitats causés par la construction d'infrastructures linéaires de transport à la grandeur

de l'Europe. Un symposium international sur la fragmentation des habitats et les infrastructures organisé par une division du ministère des transports néerlandais a permis de créer ce groupe de travail à l'automne 1995. Lors de ce symposium de 135 participants représentant 25 pays, le MTQ était représenté et a vu cet important groupe de travail se construire (IENE, s.d.).

La France occupe le premier rang européen pour ce qui est de la diversité de la faune vertébrée et des habitats naturels (SETRA, 2005). Ce pays possède un très grand nombre de structures de franchissement des routes destinées à la faune. Ceci est peut-être dû au fait que les autoroutes fédérales doivent y être clôturées (Bank *et al.*, 2002). Les règles d'implantation de passages fauniques y sont claires. Premièrement, tous les systèmes qui forment la trame du paysage sont liés ensemble, ce qui signifie qu'il n'y a pas de distinction entre un milieu sensible ou d'exception et un habitat plus banal. Cette vision favorise un traitement uniforme le long des routes qui se traduit par l'installation d'une possibilité de passage pour la petite faune à tous les 300 m. Ce principe vise à pérenniser les échanges pour les espèces communes et à rendre la voie perméable. Lorsque le milieu s'y prête, la possibilité de passage peut être assurée par un ouvrage hydraulique, agricole ou forestier. Si l'infrastructure se trouve dans un habitat particulier, des ajouts sont faits à la règle habituelle pour permettre un passage spécialisé ou plus large. Par exemple, si la route se trouve à la frontière de milieux de vie et de reproduction pour les amphibiens, des passages spécifiques sont placés aux 30 m dans tout le secteur visé (SETRA, 2005).

Dans ces situations particulières, des études sont engagées pour tenir compte de trois niveaux d'organisation biologique (SETRA, 2005) :

1. L'analyse spatiale des habitats : étude de la distribution spatiale des habitats de manière à décrire la dynamique du territoire traversé par l'infrastructure et d'en comprendre l'organisation;
2. l'analyse des caractéristiques des populations : présence, absence, densité, pyramide d'âge, sex-ratio, répartition spatiale, flux, mode de fonctionnement en population continue, divisée ou isolée;
3. l'identification des domaines vitaux des individus.

En France et ailleurs en Europe, la clôture est doublée d'une maille très fine recourbée pour empêcher le passage de la petite faune et des micromammifères. Cette clôture est continue et enfouie systématiquement pour contrer le creusage. De plus, elle est orientée vers les passages fauniques et une attention particulière est portée afin d'éliminer les ouvertures indésirables lors de traverses de cours d'eau (SETRA, 2005).

## **4.2 L'Australie**

Le pays des marsupiaux est, avec les Pays-Bas, en tête à l'échelle internationale en matière d'aménagements fauniques pour franchir les routes. Le vaste territoire australien est fractionné par 900 000 km de routes pour le déplacement de seulement 18 millions d'individus (Forman et Alexander, 1998). En Australie, la gestion des espaces verts est faite de façon à protéger la biodiversité exceptionnelle qui y vit (Forman *et al.*, 2003). Les ponts de cordes sont natifs d'Australie où ils servent particulièrement aux multiples espèces d'opossums (Goosem *et al.*, 2005).

## **4.3 L'Amérique du Nord**

Les États-Unis et le Canada sont des pays où les grands mammifères abondent et leur mortalité sur les routes est une des racines qui ont façonné l'écologie routière (Forman *et al.*, 2003). Les passages fauniques pour franchir les routes en Amérique du Nord se sont développés dans les années 70 et 80. Aujourd'hui, c'est plus de 500 passages terrestres et autant de passages aquatiques qui sont répertoriés (Cramer et Bissonette, 2005) (voir la figure 4.1).

Chez nos voisins du sud, les premiers passages ont été construits dans les années 50 en Floride. Aujourd'hui, le territoire est parsemé de tels passages. On peut d'ailleurs le visualiser sur la figure 4.1. Plus de 250 passages d'une largeur supérieure à deux mètres permettent la traverse des grands mammifères (Cramer et Bissonette, 2005).

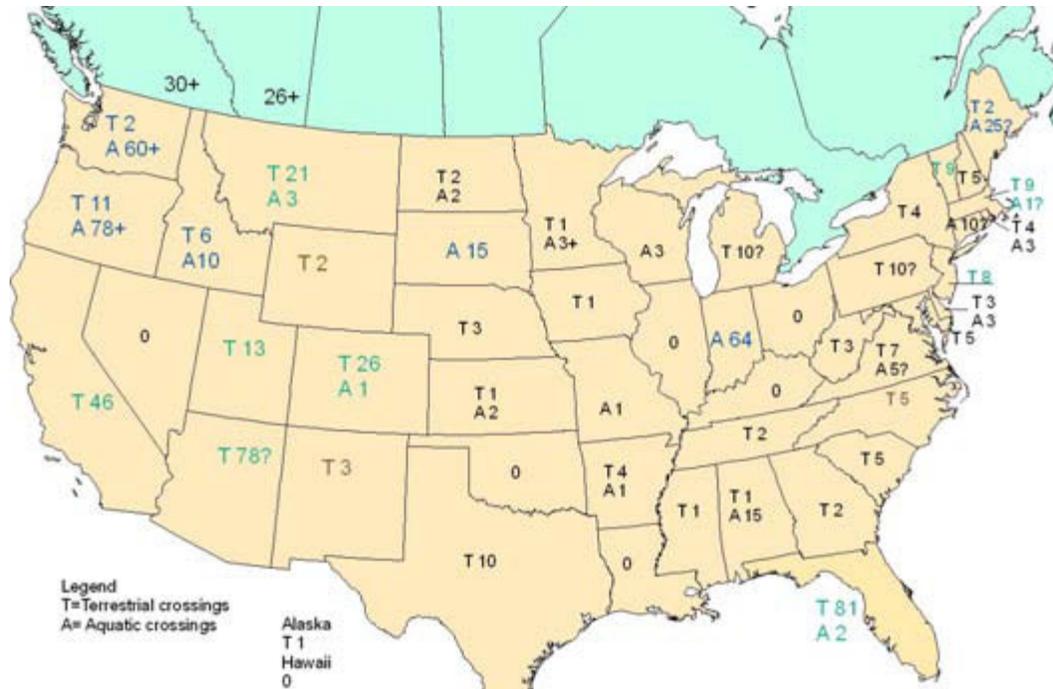


Figure 4.1 Carte des passages fauniques terrestres (T) et aquatiques (A) répertoriés lors d'un grand sondage aux États-Unis en 2004. Tiré de Cramer et Bissonette (2005, p.444).

C'est suite à des recherches intensives sur le cerf et ses déplacements que le premier passage supérieur (8 m de large) fut construit en Utah en 1979. Sept ans plus tard, deux autres passages supérieurs d'une largeur de 30 m ont été construits au New Jersey afin de maintenir un chemin d'équitation et la circulation des cerfs dans un parc nouvellement fragmenté par une route. Ces passages sont encore parmi les seuls passages fauniques au-dessus des routes aux États-Unis. En revanche, de nombreux passages inférieurs servent la faune. Par exemple, la Floride possède une série de 36 passages inférieurs bâtis dans les années 80 et 90 afin de protéger les panthères le long d'une autoroute importante qui franchit un parc national (Forman *et al.*, 2003).

Ces passages sont nécessaires puisqu'avec 6,2 millions de km de routes, soit 1,2 km de route par km<sup>2</sup> de territoire, fréquentées par plus de 200 millions de véhicules circulant près d'une heure par jour chacun, le territoire américain est parsemé de milieux anthropiques. La route et ses abords y occupent 1% du territoire dont un dixième traverse des forêts nationales et elle aurait des impacts écologiques sur 15 à 20% du territoire américain

(Forman et Alexander, 1998). Mais aujourd'hui, après plus de 50 ans de construction de routes forestières, le USDA Forest Service a commencé à fermer des routes et à identifier des secteurs naturels où il ne devrait jamais y avoir de routes. Ces considérations découlent de préoccupations économiques telles l'entretien et la réparation de la route et de considérations écologiques comme la sédimentation dans les cours d'eau et la protection de l'habitat isolé pour la faune (Forman *et al.*, 2003).

Le Canada a parmi les plus faibles densités de routes (0,10 km / km<sup>2</sup>) mais la plus grande distance de route par 1000 habitants (19,93 km) au monde. Bref, un grand territoire (donc beaucoup d'animaux sauvages) avec une faible population mais énormément de routes, dont la plus longue autoroute pavée du monde, l'autoroute Transcanadienne (7821 km) (Forman *et al.*, 2003). Dans grand ce pays, des structures de franchissement de routes pour les animaux sont retrouvées principalement dans le Parc National de Banff et la vallée Bow.

L'autoroute transcanadienne qui divise le Parc National de Banff a conduit, en 1998 lors de son passage à deux chaussées séparées, à la construction de 24 passages fauniques dont 2 passages supérieurs. Depuis, d'autres passages se sont ajoutés suite à l'expansion de l'autoroute. Les structures en place facilitent le passage des grizzlys, ours noirs, loups, lynx, cerfs muets et orignaux (Hilty *et al.*, 2006). L'effort dans cette partie du pays vient entre autres d'un grand projet de conservation du corridor biologique des espèces fauniques de montagne qui se déplacent entre le parc de Yellowstone et le Yukon. L'émission de vulgarisation scientifique québécoise *Découverte* a d'ailleurs fait un reportage diffusé en mars 2008 sur ces passages fauniques (Zalac et Rose, 2008). Ces structures sont parmi les mieux étudiées au monde (Hilty *et al.*, 2006). Dans le reste du pays, l'Ontario et le Nouveau-Brunswick ont aussi quelques projets de moindre envergure (Phillips, s.d ; Gartshore *et al.*, 2005). Au Québec, seules les réalisations présentées à la section suivante permettent aux animaux de franchir les routes en toute sécurité.

De façon générale, les pays industrialisés font des efforts pour protéger les corridors biologiques et le Québec commence à s'intéresser à la question.

## 5. LA SITUATION QUÉBÉCOISE

Au Québec, il y a de nombreux aménagements pour la faune aquatique, mais peu d'aménagements spécifiques à la faune terrestre destinés à maintenir fonctionnels les corridors biologiques. Concernant les passages fauniques dédiés aux espèces inféodées à l'eau, la nécessité de maintenir la libre circulation de l'eau sous les routes a, dans bien des cas, permis de conserver les corridors de déplacement de ceux-ci. Toutefois, la construction de nombreux ponceaux a limité le déplacement des populations halieutiques soit en créant des vitesses de courant qui dépassent les capacités natatoires des poissons, soit en créant un obstacle infranchissable ou en réduisant la lame d'eau en étiage. L'application plus sévère de la *Loi sur les Pêches* (habitat du poisson) ces dernières années a favorisé la prise en compte de ce problème afin d'assurer une libre circulation des espèces aquatiques à travers les structures de franchissement.

Cette pression gouvernementale sur l'habitat du poisson n'a pas d'équivalence pour les autres groupes de vertébrés que sont les mammifères, amphibiens, reptiles et oiseaux à moins que ces dernières possèdent un statut particulier (espèces à statut précaire). Cela a comme conséquence que les premiers aménagements qui leur ont été dévolus l'ont été soit à cause de l'aspect spectaculaire de l'impact (comme la mortalité de masse des batraciens sur une route de l'Estrie) ou pour des raisons de sécurité routière (collisions avec la grande faune).

Toutefois, à l'intérieur des nouveaux projets routiers, certains aménagements furent planifiés et réalisés afin de tenir compte des corridors de déplacements préalablement identifiés. Les passages fauniques conçus le long du prolongement de l'autoroute Robert-Cliche (73) entre Beauceville et St-Georges-de-Beauce et ceux du prolongement de l'autoroute 50 dans les Laurentides l'ont été à cause de la présence de ravages du cerf de Virginie. Ces derniers ainsi que ceux conçus dans le Parc de l'Escarpement sous le prolongement de Robert-Bourassa à Québec sont les premiers exemples de la considération des corridors biologiques dans la planification d'un projet routier. Les passages pour la petite faune le long du nouvel axe 73 / 175 présentement en construction constituent un

autre exemple de la prise en compte des corridors biologiques dans un contexte où la planification n'est pas appuyée sur des phénomènes « spectaculaires », mais plutôt sur une véritable compréhension écosystémique.

Les exemples qui suivent constituent l'essentiel des aménagements permettant à la faune terrestre de franchir, en toute sécurité, des corridors routiers au Québec. D'autres structures sont utilisées par la faune mais n'ont pas été conçues dans ce but. Pour tenter de n'en oublier aucun, il y aura aussi un passage pour les orignaux sous le prolongement de l'autoroute 20 entre Luceville et Mont-Joli. Jumelé à 7 km de clôture électrique, ce passage sera opérationnel à l'automne 2008 (Rhéaume, 2008).

### **5.1 Passages pour amphibiens du Lac Brompton**

Situé en Estrie dans la MRC de Memphrémagog et la municipalité d'Orford, le marais du lac Brompton est un lieu important pour la reproduction des amphibiens vivant dans la montagne avoisinante. Daniel Bergeron, président de l'association pour la protection du lac Brompton (APLB) est à l'origine de trois passages pour amphibiens à la frontière sud du marais du lac Brompton et de la route 220 (localement nommée le chemin de Saint-Élie).

À l'endroit présenté à la figure 5.1, la route scinde la voie de migration des grenouilles et salamandres qui vivent dans le boisé et se reproduisent dans la zone marécageuse du lac Brompton. Lors des migrations annuelles, un nombre impressionnant de grenouilles étaient retrouvées mortes sur la route à cet endroit malgré que cette route ne soit pas tellement passante. Un débit d'un véhicule par minute suffit pour causer la mort de neuf individus sur dix. Il n'est donc pas surprenant que les routes soient identifiées comme la première cause de mortalité chez les amphibiens (Conseil régional de l'Isère, 2001).

Aux premières pluies chaudes du printemps 1999, l'APLB a fourni aux élèves d'une école primaire de la région des épuisettes pour que la traversée de la route des amphibiens se fasse sans danger. Une expérience médiatisée qui a plu aux élèves et a su sensibiliser le public à la cause des amphibiens. Cette solution n'étant pas très durable, des fonds furent

amassés en collaboration avec différents organismes pour construire des passages permanents (Écoaction, 2003).

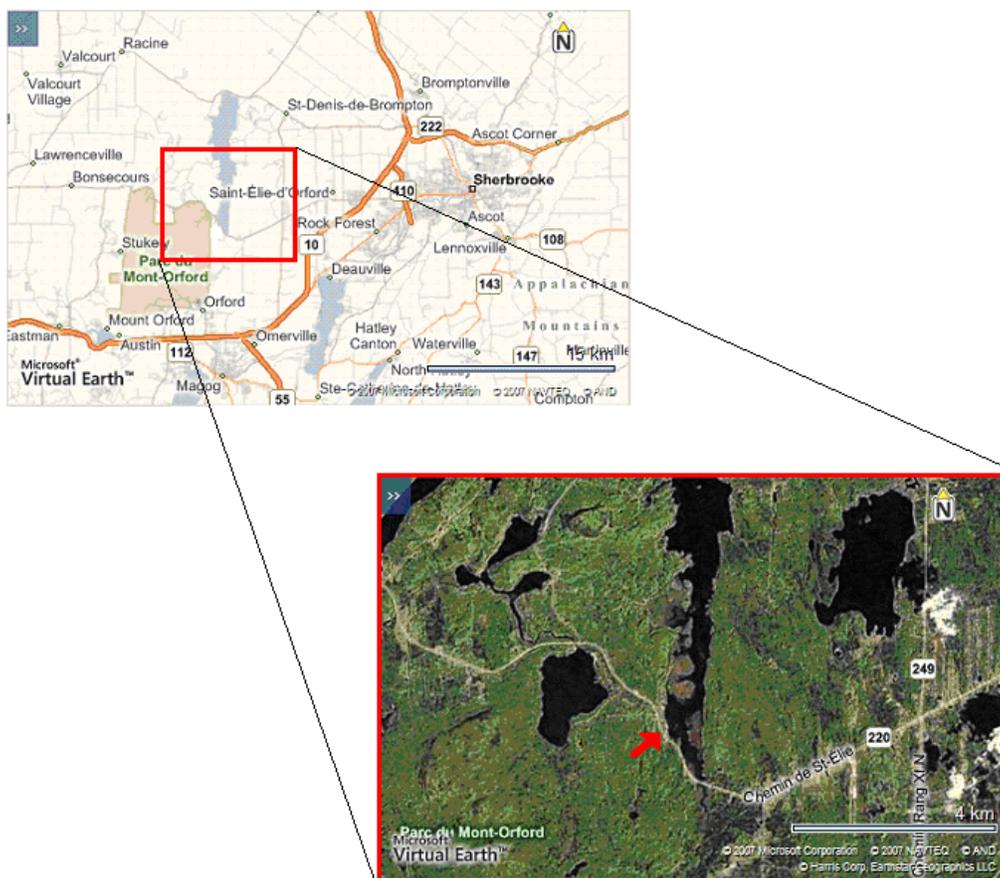


Figure 5.1 Localisation des aménagements routiers pour les amphibiens en Estrie.



Figure 5.2 Vue d'ensemble de la clôture qui dirige les amphibiens vers les passages au lac Brompton. Photo :  
Timothée Ostiguy

C'est donc en 2000 que trois tunnels pour amphibiens ont été construits grâce à la collaboration des organismes du milieu et de la Direction de l'Estrie du MTQ. En plus des passages sous la route, des clôtures de déviation ont été placées sur environ 300 m de chaque côté de la route de façon à récolter les amphibiens qui se déplacent entre les différents habitats (figure 5.2). Cette grille est faite d'un treillis de plastique

dont les mailles ont un diamètre inférieur à un centimètre. La clôture possède une hauteur d'environ 30 cm et est recourbée de façon à éviter que les utilisateurs n'y grimpent. Des bandes de métal recourbées donnent la forme au grillage qui est maintenu en place à l'aide de poteaux soutenant un câble métallique comme le montre la figure 5.3. La tension de ce câble est assurée par des tendeurs installés aux extrémités. Les clôtures forment des entonnoirs qui dirigent les grenouilles vers les tunnels aménagés. L'entrée de ces tunnels est munie d'ailes de béton et le tunnel, aussi fait de béton, possède une partie supérieure en caillebotis qui allie lumière et humidité (voir la figure 5.4).



Figure 5.3 Structure du grillage qui collecte les amphibiens. Photo : Timothée Ostiguy



Figure 5.4 Un des trois passages à amphibiens du lac Brompton et ses ailes de béton jumelées au grillage collecteur. Photos : Timothée Ostiguy

À l'approche de l'hiver, le grillage de plastique est décroché des poteaux métalliques pour le laisser au sol afin d'éviter les dommages causés par la neige. Ce système est très efficace et a fait passer la mortalité des amphibiens lors de leur traversée de la route de 91% à près de zéro (Gagné, 2007). Un affichage adjacent permet aux gens de comprendre le projet.

Pour tout renseignement supplémentaire, consulter Daniel Bergeron dont les coordonnées se retrouvent à l'annexe 1. Il est aussi possible de visionner le reportage de l'émission *La semaine verte* (2003) sur la traversée à l'épuiette sur le site internet de Radio-Canada.

## **5.2 Passage à cervidés de l'autoroute 55**

En Estrie, dans le canton de Melbourne, entre les bornes kilométriques 83 et 84 de l'autoroute Joseph-Armand-Bombardier (55), un échangeur devait être construit sous l'autoroute. L'échangeur n'ayant jamais vu le jour, un viaduc orphelin sert de passage aux cerfs de Virginie depuis de nombreuses années. Lors du réaménagement de l'autoroute Joseph-Armand-Bombardier en autoroute à deux chaussées séparées, ce viaduc devait être détruit (pour éviter de futurs travaux d'entretien) et un remblai était prévu sous chacune des deux chaussées à cet endroit. Constatant l'usage intensif du viaduc existant fait par les cervidés et soucieuse d'éviter la création d'une zone à haut risque d'accidents, la Direction de l'Estrie du MTQ a décidé de conserver le viaduc en place et de construire un deuxième viaduc pour que le passage des cerfs ne soit pas obstrué (Gagné, 2007).

En Estrie, les collisions entre le cerf de Virginie et les véhicules routiers forment un problème majeur (plus de 1000 collisions par an) et comptent pour 30% des accidents routiers du territoire (en excluant la ville de Sherbrooke). Or à l'endroit où le viaduc permet le passage des cerfs, un taux d'accident très bas est constaté malgré une densité locale importante de cerfs de Virginie. Pour cette raison, il est devenu primordial de conserver le passage malgré l'ajout d'une deuxième chaussée. C'est en documentant le passage à l'aide de détecteurs de mouvement et de compteurs que la décision de maintenir le passage fonctionnel s'est imposée tant pour la faune que pour les automobilistes (Gagné, 2007).

Le deuxième viaduc fut construit en 2002 et des espèces végétales attractives ont été plantées afin d'attirer le cerf à fréquenter l'endroit (MTQ, 2005). Le passage n'est pas encore relié à un système de clôtures et ne le sera peut-être jamais. En fait, les cerfs ont déjà l'habitude d'y circuler. Il est donc moins important de les y conduire. Le milieu ayant été défriché en prévision de l'autoroute, un grand couloir envahi par une jeune végétation entraîne les cerfs situés à l'est de la route à traverser par le viaduc vers une prucheraie bordée de prairies agricoles. Le milieu est donc très propice au passage des cerfs de Virginie. De plus, une piste cyclable sur terre battue s'est installée suite à la construction du deuxième viaduc ; ce qui confère à ce passage, une utilisation mixte (voir figure 5.5). Cette situation est un bel exemple de création d'un corridor biologique issu d'un aménagement anthropique, soit un viaduc non utilisé.



Figure 5.5 Passage mixte (vélo et faune) sous l'autoroute 55. L'ancienne construction est en premier plan et la nouvelle en arrière plan. Tiré de Gagné (2005).

### 5.3 Aménagements pour le cerf de Virginie sur l'autoroute Robert-Cliche

Dans la région de Chaudière-Appalaches, sur l'autoroute Robert-Cliche (73), entre Saint-Joseph-de-Beauce et Beauceville, plus de 6 km d'autoroute sont aménagés pour permettre la traverse sécuritaire des cerfs de Virginie. Dans cette zone nouvellement ouverte à la circulation, on retrouve de la clôture à grande faune ainsi que cinq passages sous la route

pour les cervidés. Jacques Bélanger, de la direction territoriale du MTQ en Chaudière-Appalaches, est en charge de ce projet. Ses coordonnées figurent à l'annexe 1.

Le prolongement de l'autoroute Robert Cliche sur une dizaine de kilomètres a été ouvert à la circulation en novembre 2007 et traverse un ravage du cerf de Virginie. Le ravage du cerf était connu avant la construction, mais le tracé ne pouvait pas être modifié. Problématique sur les routes de tout le sud du Québec, le cerf cause des dommages coûteux tout au long de l'année. Lorsque les routes longent ou traversent des ravages, des concentrations d'accidents peuvent être observées pendant l'hiver et au début du printemps.

La traversée d'un ravage étant particulièrement délicate sur le plan faunique, des passages inférieurs ont été aménagés afin que les cerfs de Virginie puissent utiliser l'ensemble du ravage en toute sécurité. En fait, les structures du projet (ponts ou ponts d'étagement pour la traversée de cours d'eau ou de routes peu passantes), dont un exemple est présenté à la figure 5.6, permettent le passage sécuritaire des cerfs sous l'autoroute. Ces passages sont généralement larges et très ouverts ce qui devrait inciter les animaux à y circuler. La traversée du ravage étant aussi préoccupante sur le plan de la sécurité routière, une clôture métallique de 2,4 m de hauteur a été installée des deux côtés de la route sur 6,2 km afin de restreindre l'accès à l'emprise autoroutière. 27 rampes de fuite ou sautoirs permettent aux



Figure 5.6 Passage faunique sous le pont de la rivière Calway de l'autoroute Robert-Cliche. Photo : Jacques Fortin

cerfs qui se retrouveraient coincés dans une zone clôturée de s'évader vers la forêt. À son extrémité nord, la clôture pénètre dans la forêt sur une longueur d'environ 50 m, obligeant un animal qui longerait la clôture à retourner vers la forêt. Cette mesure permet de limiter l'effet de bout (concentration des déplacements à l'extrémité) parfois observable (Leblanc *et al.*, 2007).

Un suivi hebdomadaire est assuré et permet de relever les traces de passages et d'évaluer les aménagements pour les corriger au besoin. Les données compilées lorsque l'autoroute n'était pas ouverte à la circulation laissent croire que l'aménagement complet sera un succès et l'image de la figure 5.7 captée récemment par une caméra sur place est très encourageante (Fortin, 2007 ; Leblanc *et al.*, 2007).



Figure 5.7 Photo, prise par une caméra de surveillance, de cerfs de Virginie traversant le pont de la rivière Plante sous l'autoroute 73 en Beauce (Fortin, 2007).

Ceci est un exemple où les cerfs ont dû modifier leurs déplacements, passant d'un vaste corridor à des passages plus étroits générant un réseau de pistes qui mènent aux passages. Ultimement, il est possible de s'imaginer que ces nouveaux trajets seront appris d'une génération à l'autre.

#### **5.4 Aménagements pour le cerf de Virginie de l'autoroute 50**

Comme pour le prolongement de l'autoroute 73 en Beauce, le prolongement de l'autoroute 50 dans les Laurentides et en Outaouais franchit une zone de ravage du cerf de Virginie. Cette zone de ravage est majeure et sera traversée sur une longueur de plus de 25 km. Pour permettre la traversée sécuritaire des cerfs et afin d'éviter la perte d'une partie de la zone de ravage, des passages fauniques sous la route seront aménagés (D'Astous, 2008). Deux structures sont déjà construites et d'autres sont projetées.

Lors de la planification du prolongement de l'autoroute 50 entre Lachute dans les Laurentides et Masson près de Gatineau en Outaouais, les concepteurs ont été confrontés à de nombreux enjeux. De l'agriculture aux écosystèmes forestiers exceptionnels, les enjeux étaient de taille et la traversée de la pointe sud des ravages de Pointe-aux-Chênes et de Calumet était imminente. Il y aura donc, dans cette portion du prolongement située principalement à Grenville-sur-la-Rouge, huit passages pour la faune dont cinq de type « Conspan » (10m de largeur par 4 m de hauteur), tel qu'illustré à la figure 5.8, et trois jumelés aux ponts de rivières (Boulé, 2008).



Figure 5.8 Passage de type « Conspan » pour le cerf de Virginie sous le prolongement de l'autoroute 50 dans les Laurentides (en construction). Photo : Jean Boulé.

En plus des passages pour la grande faune, la petite faune profitera du surdimensionnement des différents ponceaux associés à l'autoroute, leur diamètre étant de 150 cm au lieu de 90 cm suite à la recommandation du MDDEP et du MRNF (Boulé, 2008).

La grande zone de ravage traversée sera munie de clôture à grande faune sur toute sa longueur. Évidemment, des rampes de fuite sont aussi prévues tout au long de la zone clôturée. Une section de l'autoroute 50 sera ouverte à la circulation à l'automne 2008, mais il faudra attendre trois ou quatre ans pour que la section où sont situés les aménagements fauniques soit utilisée par les véhicules (Boulé, 2008). Un suivi important est prévu afin de mesurer l'utilisation et l'efficacité du passage et pour déterminer l'impact sur le ravage (D'Astous, 2008). Dans la partie de l'autoroute située en Outaouais, aucun aménagement spécifique ne sera fait pour la faune, mais des passages agricoles déjà utilisés par le cerf de Virginie feront l'objet de mesures de suivi (Wampach, 2008).

## 5.5 Le boulevard Robert-Bourrassa

Situé sur le territoire de la Capitale-Nationale, dans la ville de Québec, le prolongement de l'autoroute du Vallon (ancienne appellation) a fait couler beaucoup d'encre. Décrié par les écologistes et plusieurs citoyens, cet axe routier allait scinder le Parc de l'Escarpement (un des seuls boisés urbains de la ville). Le MTQ, en collaboration avec la Ville de Québec, avait donc une tâche importante pour rendre le projet plus acceptable. Yves Bédard, biologiste au MTQ, bien au fait de l'expérience des européens en cette matière, a contribué à élaborer la conception d'aménagements pour minimiser la fragmentation du milieu.

En plus du parc, deux cours d'eau allaient être traversés par le nouveau boulevard : un cours d'eau anthropique déplacé quelques années plus tôt pour des raisons de drainage urbain et la rivière Duberger, une rivière urbaine qui subit un fort développement modifiant considérablement ses caractéristiques hydrauliques. L'enjeu était donc de protéger les corridors de déplacement faunique que sont ces deux cours d'eau et l'escarpement. Pour y arriver, le milieu naturel fut reconstitué sous le pont de la rivière Duberger. Entre autres, des plantations ont été faites sous le pont et sont irriguées par l'eau du tablier du pont qui est amenée dans un canal. De plus, des andains ont été construits pour faciliter le passage des petits et micro mammifères. Enfin, à cet endroit, le déboisement fut limité au minimum afin que les canopées soient le plus près possible les unes des autres dans le but de favoriser le passage des oiseaux et insectes, malgré le sectionnement du milieu par la route.

Respectivement pour le Parc de l'Escarpement et l'autre cours d'eau, un portique pour les piétons et la faune ainsi qu'un ponceau avec un pied sec construit assurent le maintien du corridor biologique. Le ponceau à deux niveaux, montré à la figure 5.9 est fait de ciment et comporte un pied-sec d'une largeur d'environ 70 cm rempli de pierres d'un moyen calibre. Des fagots de saule dirigent la faune qui suit le cours d'eau vers le passage. Celui-ci se trouve d'un seul côté du cours d'eau puisque l'autre rive est plutôt anthropisée et abrite une faune moindre. Une clôture métallique (visible à la figure 5.9) à mailles moyennes doublée d'une tôle d'aluminium dans le bas (30 cm) et enfouie dirige aussi la faune vers le passage du ponceau et celui du portique en plus de s'étendre d'environ 150 m au nord du portique.

À chaque extrémité du portique, des bassins naturels ont été recréés pour attirer les animaux et les rapprocher du passage (voir figure 5.10). Une plantation dense vise à recréer un milieu naturel le plus rapidement possible. Dans le portique, l'éclairage de sécurité est rouge afin de limiter les impacts sur la faune principalement nocturne qui l'emprunte. Des andains ont été construits avec des souches et de grosses pierres de chaque côté du passage piéton pour permettre à la faune de traverser tout en conservant un couvert (voir la figure 5.10).



Figure 5.9 Ponceau comportant un pied sec construit et jumelé à une clôture à petite faune doublée de tôle enfouie. Photo : Mélanie Bouffard

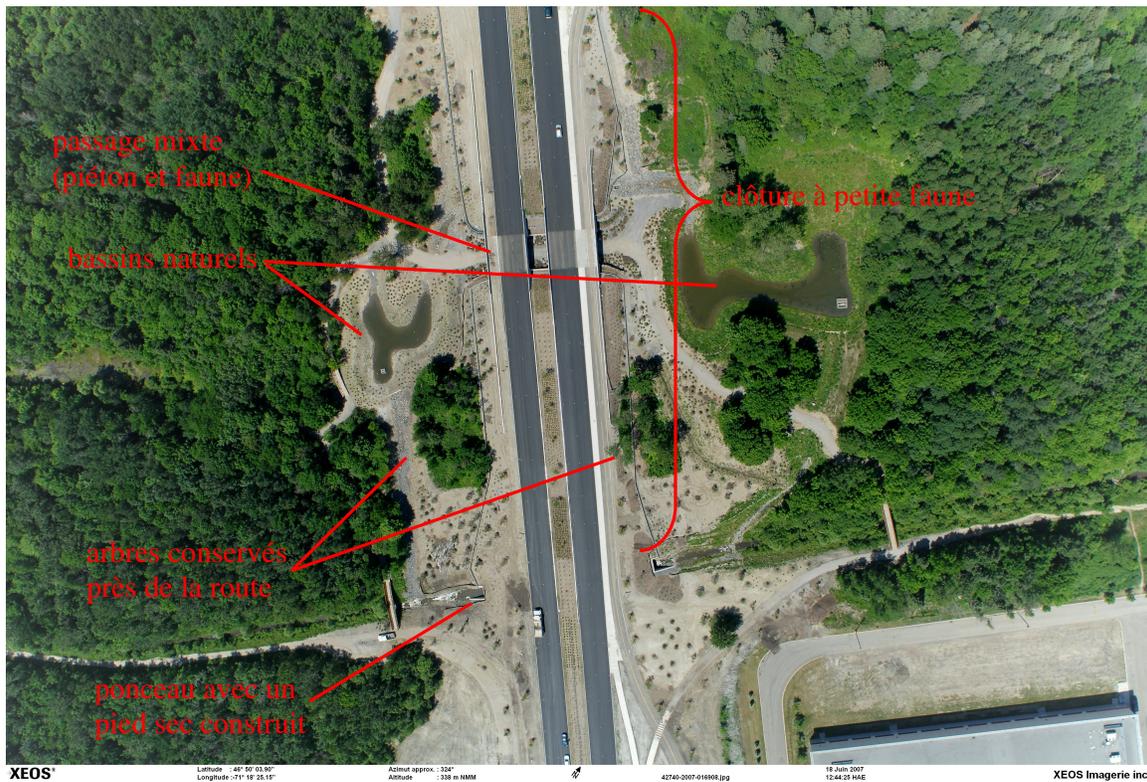


Figure 5.10 Photo aérienne des aménagements fauniques du parc de l'Escarpement près du boulevard Robert-Bourrassa. Photo : XEOS MTQ (2007)



Figure 5.11 Andains du passage mixte (piéton et faune) sous le boulevard Robert-Bourrassa dans le parc de l’Escarpement à Québec. Photo : Mélanie Bouffard

Dans le Parc de l’Escarpement, le terre-plein central du boulevard a été planté d’arbres afin de refermer la canopée et permettre aux oiseaux utilisant celle-ci de circuler de part et d’autre de la route. Construits entre 2005 et 2007, ces aménagements semblent prometteurs. Des trappes de sable et une caméra ont été mises en place pour vérifier l’utilisation des passages fauniques. Ceux-ci semblent très bien fonctionner et, avec le temps, le boulevard passera inaperçu pour les utilisateurs des passages. Déjà, des chevreuils, raton laveurs, visons, écureuils, tamias et des micromammifères ont laissé d’abondantes traces de leur passage sous forme de pistes et de photos.

## **5.6 Aménagements pour la petite et la grande faune sous la route 175**

La Réserve faunique des Laurentides, un vaste massif forestier de 7861 km<sup>2</sup> en constant changement en raison des coupes forestières, est traversée par la route 175 sur 134 km (SÉPAQ, s.d.). Cette route est le lien principal entre Québec et la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Route plutôt dangereuse, la 175 est en réfection pour devenir une route sécuritaire à deux chaussées séparées entraînant donc un élargissement du corridor routier d’une largeur de 20 m à plus de 90 m. Le MTQ profite de l’occasion pour corriger des problèmes existants et appréhende la fragmentation de l’habitat forestier dans cette réserve faunique. Pour limiter l’impact de cet élargissement sur la faune terrestre, de nombreux



Figure 5.12 Passage pour la grande et la petite faune de la rivière Gilbert. Photo : Donald Martel

passages fauniques sont prévus : 5 passages jumelés à la traversée de cours d'eau pour les grands mammifères (voir la figure 5.12) et 18 pour la petite faune. La faune aquatique est aussi considérée avec de nombreux ponts et ponceaux, certains avec déversoirs (Figure 5.13) pour diminuer la vitesse de l'eau et permettre aux poissons de remonter ces cours d'eau.

Dans la portion sud, il y a des passages pour la petite faune à presque tous les 3 km et deux passages additionnels permettent la traverse de grands mammifères et pourront être aménagés pour faciliter le passage de plus petits animaux. Différents types de passages pour la petite faune sont utilisés selon les contextes : la tablette de bois en porte-à-faux, le tuyau sec de 60 cm à côté d'un ponceau et les berges naturelles (voir les figures 3.11, 5.13, 5.14 et 5.15). Ces structures seront jumelées à la clôture à petite faune dans le but de diriger les animaux vers les passages. Dans certains passages destinés aux grands mammifères, des andains seront construits pour fournir un couvert à la petite faune afin d'en faciliter l'utilisation et de connecter les structures de franchissement au milieu naturel. Ces solutions, provenant de l'expérience d'autres pays, ont donc déjà été testées et sont plutôt prometteuses.



Figure 5.13 Photo d'un ponceau sous la route 175 comportant une tablette pour la petite faune et des déversoirs pour la faune aquatique. Photo : Mélanie Bouffard



Figure 5.14 Photo d'un passage de type tablette en porte-à-faux dans la RFL. Photo : Mélanie Bouffard

Pour la sécurité des animaux comme des automobilistes, plus de 60 km seront munis de clôtures à grande faune. Les zones clôturées se localisent en trois parties, une portion au sud sur une quarantaine de kilomètres, une portion de quelques kilomètres près du passage à grande faune de la rivière Jacques-Cartier et une portion de 23 km dans le territoire du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Principalement implantée pour éviter les impacts entre automobiles et orignaux,

la clôture comporte aussi des structures permettant aux orignaux éventuellement pris entre deux clôtures de se diriger eux-mêmes vers la forêt : des sorties à sens unique. Aussi, l'usage d'aménagements anti-cervidés aux endroits les plus passants permet aux automobiles de sortir de la zone clôturée sans avoir à gérer une barrière.



Figure 5.15 Passage aménagé sur une berge de la décharge du lac Horatio-Walker dans la RFL sous la route 175 (en construction). Photo : Mélanie Bouffard

Comme ces aménagements ne sont pas tous terminés, le suivi n'est pas en vigueur partout, mais on décèle déjà une utilisation. Cet hiver, un orignal est sorti du bois, a longé la clôture sur environ 300 m et a traversé la route par le passage de la rivière Gilbert. Dès l'été 2008, un programme de suivi sera mis en place pour les structures terminées et éventuellement, des correctifs pourront être apportés.

## 6. RECOMMANDATIONS

La réflexion amenée par les lectures et l'acquisition de connaissances sur la prise en compte des corridors biologiques porte à faire les recommandations suivantes :

- L'ichtyofaune est le seul groupe d'espèces pour lequel on réalise presque systématiquement des aménagements spécifiques pour assurer leurs déplacements. Dans une perspective de développement durable, il faut protéger aussi les milieux de vie et corridors empruntés par l'avifaune et la faune terrestre. Il importe donc de traiter l'écosystème dans son intégralité en évitant de favoriser une espèce ou un groupe d'espèces.
- Au Québec, une prise en considération des problématiques rattachées aux corridors biologiques et au réseau routier est nécessaire dès l'étape de l'étude des impacts sur l'environnement. À cet effet, les firmes de consultants qui réalisent la plupart des études pourraient utiliser ce document qui représente une base intéressante pour la prise en compte des interactions entre les corridors biologiques et les routes. Toutefois, il faut réaliser que la description des impacts sera limitée tant que le fonctionnement des écosystèmes ne sera pas mieux connu.
- Pour des solutions réalistes, il faut aussi se pencher sur la question de la rencontre entre les corridors biologiques et les routes tout au long du projet routier, autant lors du choix du tracé que lors de la conception des plans et devis jusqu'à leur application sur le terrain.
- Pour commencer à établir les diagnostics et élaborer les solutions, il faut se baser sur l'expertise étrangère et les quelques expériences québécoises et miser sur des solutions généralistes telles que présentées dans cet essai (par exemple, assurer le passage des organismes terrestres via le réseau hydrographique).
- Assurer le suivi des aménagements (passages fauniques) et du milieu récepteur et documenter le tout afin d'acquérir des connaissances et de développer une expertise québécoise.

- Favoriser la recherche universitaire pour une meilleure connaissance des écosystèmes, des déplacements des animaux et du phénomène relié aux corridors biologiques.
- Sensibiliser la population à cette problématique environnementale afin d'assurer l'acceptabilité sociale des investissements dans ce domaine.

Ces actions permettraient une bien meilleure compatibilité entre le développement du réseau routier et la protection des écosystèmes afin de réaliser un développement durable pour les générations futures.

## CONCLUSION

Les corridors biologiques naturels ou anthropiques servent aux déplacements d'alimentation, de reproduction, de dispersion, de migration et tout autre mouvement permettant les fonctions vitales des animaux. Le couloir de déplacement change d'apparence et de caractéristique selon l'espèce impliquée, selon l'échelle de référence et selon les habitats rejoints. Son importance varie, mais dans la mesure où il est utilisé, le corridor biologique augmente la connectivité du milieu. Prenant de l'importance dans les habitats plus fragmentés, il sera aussi plus ou moins sujet à l'effet de bordure. Un bon corridor devrait posséder une largeur qui fait un dixième de sa longueur ou de la distance maximale entre deux habitats qu'il relie. Les généralisations sont utiles pour la théorie, mais en pratique, chaque espèce a ses préférences. C'est pourquoi, si une portion de corridor doit être aménagée, mieux vaut cibler les animaux qui y circuleront pour effectuer les aménagements en fonction de ceux-ci et selon leurs caractéristiques.

Ces corridors sont très souvent altérés par les nombreuses actions de l'humain et les axes sur lesquels ce dernier se déplace entrent souvent en conflit avec ceux de la faune sauvage. En effet, à la rencontre de ces deux corridors (biologiques / humains), les impacts sont nombreux et, encore une fois, différents entre les espèces. Les impacts les plus néfastes sont ceux qui entraînent des effets sur la dynamique des populations. Pour limiter ces implications, des solutions existent et les passages fauniques au-dessus ou sous les routes doublés d'aménagements des abords semblent se démarquer. Ces aménagements, tel que vu précédemment, sont courants à travers l'Europe et l'Australie tandis que les États-Unis et le Canada possèdent uniquement quelques structures construites en réponse à des problématiques plus ciblées. Le Québec emboîte le pas avec des aménagements supportés par une préoccupation de sécurité routière et quelques projets plutôt axés sur la conservation de la faune.

Dorénavant, il faudra revoir nos approches de conservation. Les listes et descriptions d'espèces et d'habitats sont clairement insuffisantes. Dans une approche cohérente de

conservation, il est essentiel de considérer la dynamique qui existe entre les espèces et les différentes parties du territoire qui constituent leurs habitats.

Dans une perspective de développement durable, la préservation de la biodiversité naturelle à travers les différentes infrastructures bâties l'homme est essentielle puisque celui-ci n'a pas encore tout compris les mécanismes qui régissent son environnement. Il est possible que la diversité spécifique joue un rôle d'importance sur le fonctionnement et la capacité des milieux naturels à s'adapter ou à résister aux perturbations. Dans cette optique, il faudrait s'attarder davantage sur ce que, à priori, on juge inutile.

## RÉFÉRENCES

- ANDERSON, A.B. et JENKINS, C.N. (2006). *Applying Nature's Design : Corridor as a Strategy for Biodiversity Conservation*, Columbia University Press, New York, 231p.
- ACA (s.d.). *Appalachian Corridor Appalachiien*, <http://www.apcor.ca/>. Consulté le 29 février 2008.
- ATLASAM (2006). *Biogéographie des îles, Les oiseaux des Alpes Maritimes*. <http://atlasam.free.fr/macarthurwilson.htm>. Consulté le 5 mars 2008.
- BAGHLI, A., MOES, M. et WALZBERG, C. (2007). *Les corridors faunistiques du cerf (Cervus elaphus L.) au Luxembourg*. *Bulletin de la société des naturalistes luxembourgeois*, vol. 108, p. 63-80.
- BANK, F.G., LEROY IRWIN, C., EVINK, G.L., GRAY, M.E., HAGOOD, S., KINAR, J.R., LEVY, A., PAULSON, D., RUEDIGER, B., SAUVAJOT, R.M., SCOTT, D.J. et WHITE, P. (2002). *Wildlife Habitat Connectivity Across European Highway*, US department of Transportation, Washington, D.C., 48p.
- BÉDARD, Y. (2007). *Communication personnelle. Module Aménagement du territoire et environnement, Service des inventaires et du plan, Direction régionale de la Capitale-Nationale, Ministère des Transports du Québec*.
- BEKKER, H. and VASTENHOUT, M. (1995). *Nature across motorways, Nieuwland Advies for the Directorate – General for Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering Division, Delft*, 103p.
- BÉLISLE, M. (2000). *Influence de la composition et de la configuration du paysage sur le mouvement des oiseaux forestiers*, thèse de Doctorat, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec, 116p.
- BOND, M. (2003). *Principles of Wildlife Corridor Design*, Center for Biological Diversity, <http://www.biologicaldiversity.org/swcbd/programs/spawl/wild-corridors.pdf>. Consulté le 24 octobre 2007.
- BOULÉ, J. (2008). *Communication personnelle. Service des inventaires et du plan, Direction des Laurentides-Lanaudière, Ministère des Transports du Québec*.
- BRETON, L., COURTOIS, R., DUSSAULT, C., FORTIN, J., LAURIAN, C., LEBLOND, M., OUELLET, J.-P. et POULIN, M. (2006). *Études du comportement de l'orignal par rapport aux axes routiers et aux clôtures électriques dans la réserve faunique des Laurentides*, Rapport final, MRNF, MTQ, Université du Québec à Rimouski, 159 p.

- CAMERON, W. (2005). Banff National Park's Crossing Structures, Parc Canada, <http://www.mountainnature.com/articles/CrossingStructures.htm>. Consulté le 4 avril 2008.
- CHARBONNEAU, P. (2006). Sels de voirie : une utilisation nécessaire, mais lourde de conséquences, *Le Naturaliste Canadien*, vol. 130, no. 1, p.75-81.
- CLEVINGER, A., CHRUSZCZ, B. et GUNSON, K. (2001). Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals, *Journal of Applied Ecology*, vol. 38, p.1340-1349.
- CLEVINGER, A. et WALTHO, N. (2005). Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals, *Biological Conservation*, vol. 121, p.453-464.
- CLEVINGER, A. et WALTHO, N. (2000). Factor influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada, *Conservation Biology*, vol. 14, p.47-56.
- CONSEIL RÉGIONAL DE L'ISÈRE (2001). Les chemins de la vie : sauver les corridors biologiques, Michel Crozas, Grenoble, France, 26 min, vidéocassette VHS.
- CONSERVATION ECONOMY (s.d.).The Patterns of a Conservation : Wildlife Corridor, [http://www.conservtioneconomy.org/wildlife\\_corridors.html](http://www.conservtioneconomy.org/wildlife_corridors.html). Consulté le 24 octobre 2007.
- CRAMER, P.C. et BISSONETTE, J.A. (2005). Wildlife crossings in North America: The state of the science and practice, dans ICOET (International Conference on Ecology & Transportation) 2005 proceeding, Willdlife crossings structures, p.442-447.
- D'ASTOUS, G. (2008). Communication personnelle. Service des inventaires et du plan, Direction des Laurentides-Lanaudière, Ministère des Transports du Québec.
- DONALDSON, B. (2005). The use of highway underpasses by large mammals and other wildlife in Virginia and factors influencing their effectiveness, TRB 2006 Annual Meeting, Virginia Transportation Research Council, 17 p.
- ÉCOACTION (2003). Vous avez réussi! : Le marais au bout du tunnel. [http://www.ec.gc.ca/ecoaction/success\\_display\\_stories\\_f.cfm?story\\_ID=12030125](http://www.ec.gc.ca/ecoaction/success_display_stories_f.cfm?story_ID=12030125). Consulté le 17 janvier 2008.
- FRAPNA (2006). Fédération Rhône-Alpes de Protection de la Nature, Les corridors biologiques : Pourquoi et comment les prendre en compte, [http://www.frapna.org/site/h\\_savoie/corridors/definition-corridors.htm](http://www.frapna.org/site/h_savoie/corridors/definition-corridors.htm). Consulté le 24 octobre 2007.

- FORESMAN, K.R. (2004). The effects of Highways on Fragmentation of Small Mammal Populations and Modifications of Crossing Structures to Mitigate Such Impacts : Final report, Montana department of transportation, Research section, 39 p.
- FORMAN, R.T.T. et ALEXANDER, L.E. (1998). Roads and Their Major Ecological Effects, *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, vol. 29, p.207-231.
- FORMAN, R.T.T., SPERLING, D., BISSONETTE, J.A., CLEVINGER, A.P., CUTSHALL, C.D., DALE, V.H., FAHRIG, L., FRANCE, R., GOLDMAN, C.R., HEANUE, K., JONES, J.A., SWANSON, F.J., TURRENTINE, T. et WINTER, T.C. (2003). *Road Ecology : Science and Solutions*, Island Press, 481p.
- FORTIN, J. (2007). Communication personnelle. Service des inventaires et du plan, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches du Ministère des Transports du Québec.
- GAGNÉ, J. (2005). Un passage pour la grande faune sous l'autoroute 55, en Estrie, une première québécoise (40<sup>e</sup> congrès de l'Association québécoise du transport et des routes), [http://www.aqtr.qc.ca/documents/Congres/Conferences2005/40Congres/pdfs/Gagne\\_Jean.pdf](http://www.aqtr.qc.ca/documents/Congres/Conferences2005/40Congres/pdfs/Gagne_Jean.pdf) Consultée le 17 janvier 2008.
- GAGNÉ, J. (2007). Communication personnelle. Service des inventaires et du plan, Direction régionale de l'Estrie du Ministère des Transports du Québec.
- GAGNON, J.W., THEIMER, T.C., DODD, N.L., MANZO, A.L. and SCHWEINSBURG, R.E. (2007). Effects of Traffic on Elk Use of Wildlife Underpasses in Arizona, *Journal of Wildlife Management*, vol. 71 (7), p. 2324-2328.
- GARTSHORE, R.G., PURCHASE, M., ROOK, R.I. and SCOTT, L. (2005). Bayview Avenue extension, Richmond Hill, Ontario, Canada habitat creation and wildlife crossings in a contentious environmental setting: a case study (September 2005). <http://repositories.cdlib.org/jmie/roadeco/Gartshore2005a/>. Consulté le 8 mars 2008.
- GÉLINAS, N., MAISONNEUVE, C., BÉLANGER, L. (1996). La bande riveraine agricole : Importance pour les micromammifères et l'herpétofaune, *Revue de littérature*, Ministère de l'environnement et de la faune, Direction de la faune et des habitats, Québec, 47p.
- GOOSEM, M., WESTON, N. et BUSHNELL, S. (2005) Effectiveness of Rope Bridge Arboreal Overpasses and Faunal Underpasses in Providing Connectivity for Rainforest Fauna, dans ICOET (International Conference on Ecology & Transportation) 2005 proceeding, *Wildlife Impacts and Conservation Solutions*, p.304-316.
- GOUVERNEMENT DU CANADA (2003). Environmental legacy projects, G8 Kananaskis Environmental Legacy, [http://www.g8legacy.gc.ca/english/faq\\_environmental.htm](http://www.g8legacy.gc.ca/english/faq_environmental.htm). Consulté le 1<sup>er</sup> octobre 2007.

- HILTY, J.A., LIDICKER JR, W.Z., MERENLENDER, A.M. (2006). Corridor Ecology : The Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation, Island Press, Washington, 323p.
- IENE (Infra Eco network Europe) (s.d.). History, <http://www.iene.info/>. Consulté le 23 février 2008.
- IUELL, B., BEKKER, H.G.J., CUPERUS, R., DUFEK, J., FRY, G., HICKS, C., HLAV, V., KELLER, V., ROSELL, C., SANGWINE, T., TRSLV, N. ET WANDALL, B.M. (2007). Faune et trafic - manuel européen d'identification des conflits et de conception de solutions, Traduit par le Sétra (Wildlife and Traffic : A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing), 176p.
- JACKSON, S.D. et GRIFFIN, C.R. (2000). A Strategy for Mitigating Highway Impacts on wildlife, dans *Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio economic Dilemma*, Mesmer and West editors, The Wildlife Society, p.143-159.
- JONGMAN, R. et PUNGETTI, G. (2004). Ecological Networks and greenways : Concept, design, Implementation, Cambridge University Press, 345p.
- JOSEPH, L., CUNNINGHAM, S. et SARRE, S. (2003). Implications of Evolutionary and Ecological Dynamics to the Genetic Analysis of fragmentation *in* BRADSHAW, G.A. et MARQUET, P.A. (2003). *How Landscapes Change : Human Disturbance and Ecosystem Fragmentation in the Americas*, Ecological Studies vol.162, Springer, Berlin, 361p.
- KNEESHAW, D. (1995). Effets de la fragmentation des forêts sur le maintien de la biodiversité au Québec, Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de l'environnement forestier, Québec, 88p.
- LAROUSSE (1995). Le Petit Larousse illustré : Dictionnaire encyclopédique, Larousse, Paris, 1777 p.
- LA SEMAINE VERTE (2003). Traverse de grenouilles, (Site de Radio-Canada) <http://www.radio-canada.ca/actualite/semaineverte/ColorSection/fauneFlore/040502/grenouilles.shtm>. Consultée le 17 janvier 2008.
- LAURANCE, S.G.W. et LAURANCE, W.F. (2003). Bandages for Wounded Landscapes : Faunal Corridors and Their Role in Wildlife Conservation in the Americas *in* BRADSHAW, G.A. et MARQUET, P.A. (2003). *How Landscapes Change : Human Disturbance and Ecosystem Fragmentation in the Americas*, Ecological Studies vol.162, Springer, Berlin, 361p.

- LEBLANC, Y., BÉLANGER, J. et DESJARDINS, S. (2007). Construction of a highway section within a white-tailed deer winter yard near Québec city, Canada : Mitigation measures, monitoring, and preliminary results, dans *Proceedings of the 2007 ICOET (International Conference on Ecology & Transportation)*, edited by C. Leroy Irwin, Debra Nelson and K.P. McDermott. Raleigh, NC : Center for transportation and the Environment, North Carolina State University, p. 434-448.
- LEDUC, A. (1996). Proposition d'indices de mesure de l'intensité du morcellement du couvert forestier induit par les pratiques sylvicoles, Unité de recherche et de développement e foresterie, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Bibliothèque nationale du Québec, 31p.
- LINDENMAYER, D.B. et FISCHER, J. (2006). *Habitat Fragmentation and Landscape Change : an Ecological and Conservation Synthesis*, Island Press, Washington, 329p.
- MCDONALD, W. et ST-CLAIR, C.C. (2004). Elements that promote highway crossing structure use by small mammals in Banff National Park, *Journal of Applied Ecology*, vol. 41, p.82-93.
- MEGGERS, B.J. (2003). Natural Versus Anthropogenic Sources of Amazonian Biodiversity : The Continuing Quest for El Dorado, *in* BRADSHAW, G.A. et MARQUET, P.A. (2003). *How Landscapes Change : Human Disturbance and Ecosystem Fragmentation in the Americas*, Ecological Studies vol.162, Springer, Berlin, 361p
- MTQ (2005). 2005-06-03 : Première québécoise, un passage pour la grande faune sous l'autoroute 55, [http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche\\_innovation/cqttt/actualites\\_innovation/050603](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche_innovation/cqttt/actualites_innovation/050603). Consulté le 17 janvier 2008.
- NSWNP (s.d.). New South Wales National Park, Wildlife Corridors, [http://www.nationalparks.nsw.gov.au/PDFs/landholder\\_notes\\_15\\_wildlifecorridors.pdf](http://www.nationalparks.nsw.gov.au/PDFs/landholder_notes_15_wildlifecorridors.pdf). Consulté le 17 octobre 2007.
- ORE (s.d.). Observatoire Régional de l'Environnement Poitou-Charentes, Corridor biologique, <http://www.observatoire-environnement.org/OBSERVATOIRE/tbe/tableau-de-bord-glossaire-603.html>. Consulté le 17 octobre 2007.
- OSTIGUY, T. (2006). États des connaissances actuelles et réalisations récentes en gestion de la faune le long des routes au Québec : Étude de deux chantiers majeurs sur le territoire de la Direction de la Capitale-Nationale du Ministère des Transports du Québec. 35p. Pour l'obtenir, communiquer avec Yves Bédard ([yves.bedard@mtq.gouv.qc.ca](mailto:yves.bedard@mtq.gouv.qc.ca)).

- PARCS CANADA (2003). Wildlife Corridors – A ‘Moving’ Story, Banff National Park of Canada. [http://pc.gc.ca/pn-np/ab/banff/plan/corridor\\_plan13\\_e.pdf](http://pc.gc.ca/pn-np/ab/banff/plan/corridor_plan13_e.pdf). Consulté le 15 octobre 2007.
- PHILLIPS, M. (s.d.). Wildlife Management on arterial highways in New Brunswick, Department of transportation, New Brunswick. <http://www.dot.state.fl.us/emo/sched/wildlife.pdf>. Consulté le 8 mars 2008.
- PRESCOTT, J. et RICHARD, P. (2004). Mammifères du Québec et de l’est du Canada, 2<sup>e</sup> édition, Éditions Michel Quintin, Québec, 399 p.
- PRIMACK, R.B. (2002). Essential of conservation biology, 3<sup>e</sup> édition, Boston University, Sunderland, Massachusetts, USA, 698p.
- PUKY, M. (2005). Amphibian Road Kills : A Global Perspective, dans ICOET 2005 proceeding, Wildlife Impacts and Conservation Solutions, p.325-338.
- Règlement sur les normes d’intervention dans les Forêts du domaine de l’État, Loi sur les forêts, L.R.Q., c. F-4.1, r.1.001.1 art. 2.
- RHÉAUME, S. (2008). Communication personnelle. Service des inventaires et du plan, Direction régionale du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-îles-de-la-Madeleine du Ministère des Transports du Québec.
- REIJNEN, M.J.S.M., VEENBAAS, G. et FOPPEN, R.P.B. (1995). Predicting the effects of motorway traffic on breeding bird populations, Road and Hydraulic Engineering Division, DLO-Institute for forestry and Nature Research, Delft, 91p.
- RITTER, M.E. (2006). The Physical Environment: an Introduction to Physical Geography. [http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/biogeography/habitat\\_human\\_activity.htm](http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/biogeography/habitat_human_activity.htm). Consulté le 29 mars 2008.
- RODRIGUEZ A., CREMA, G. et DELIBES, M. (1996). Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrates, Journal of Applied Ecology, vol. 33, p.1527-1540.
- SEBBANE, A., COURTOIS, R., ST-ONGE, S., BRETON, L. et LAFLEUR, P.-E. (2002). Utilisation de l’espace et caractéristiques de l’habitat du caribou de Charlevoix, entre l’automne 1998 et l’hiver 2001, Société de la faune et des parcs du Québec, Bibliothèque nationale du Québec, 60p.
- SÉPAQ (Société des établissements de plein-air du Québec) (s.d.). Réserve faunique des Laurentides. <http://www.sepaq.com/fr/lau/fr/>. Consulté le 4 avril 2008.
- SETRA (2005). Service d’étude technique des routes et autoroutes, Aménagements et mesures pour la petite faune : Guide technique, République Française ministère des Transports, de l’Équipement, du Tourisme et de la Mer, 264 p.

- SPELLERBERG, I.F. (2002). *Ecological Effects of Roads, Land Reconstruction and Management* vol.2, Science Publishers, Inc., 251p.
- SPELLERBERG, I.F. (1998). Ecological effects of roads and traffic : a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters*, vol. 7, p.317-333.
- TECSULT INC. (2007). Suivi environnemental du projet d'amélioration de la route 175 à 4 voies divisées – Grande faune 2006 : Efficacité des aménagements pour la grande faune. Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec, à l'université du Québec à Rimouski et au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec, Direction de la recherche sur la faune. Pagination multiple et annexes (6 cartes).
- USDA FOREST SERVICE (2005). Wildlife Crossing toolkit : Using wildlife behavioral traits to design effective crossing structures, <http://www.wildlifecrossing.info>. Consulté le 30 septembre 2007.
- WAMPACH, N. (2008). Communication personnelle. Module Environnement et Paysage, Service des inventaires et du plan, Direction de l'Outaouais, Ministère des Transports du Québec.
- ZALAC, F. et ROSE, Y. (2008). Y2Y : le corridor faunique, durée : 10 minutes, Découverte, mars 2008, Radio-Canada. Disponible au [http://www.radio-canada.ca/actualite/v2/decouverte/niveau2\\_liste88\\_200803.shtml#](http://www.radio-canada.ca/actualite/v2/decouverte/niveau2_liste88_200803.shtml#). Consulté le 4 avril 2008.

**ANNEXE 1**

**LISTE DES PERSONNES RESSOURCES, DES CHERCHEURS DANS LE  
DOMAINE ET DES OUVRAGES UTILES**

Cette section est divisée selon les sujets abordés dans ce travail.

### Les corridors biologiques

#### Personnes ressources

Initiatives de corridors biologiques

**Carl Dufour**, Biol. M.Sc., Resp. Env., Planification du territoire, MRC des Laurentides, [www.mrclaurentides.qc.ca](http://www.mrclaurentides.qc.ca)

1255, chemin des Lacs, Saint-Faustin-Lac-Carré (Québec) J0T 1J2

Téléphone : 819-425-5555 ou 819-326-0666 poste 1012

Courriel : [cdufour@mrclaurentides.qc.ca](mailto:cdufour@mrclaurentides.qc.ca)

La protection et la récréation des corridors biologiques

**Louise Gratton**, M.Sc., Directrice des sciences et de la gestion des milieux naturels  
Conservation de la Nature Canada, région du Québec

591, Rosenberry, Sutton (Québec) J0E 2K0

Téléphone : 450-242-3555

Courriel : [louise.gratton@citenet.net](mailto:louise.gratton@citenet.net)

#### Ouvrages

HILTY, J.A., LIDICKER JR, W.Z., MERENLENDER, A.M. (2006). **Corridor Ecology : The Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation**, Island Press, Washington, 323p.

### La fragmentation des habitats

#### Recherches

Effets de la structure du paysage sur l'abondance, la distribution et la persistance des organismes

**Lenore Fahrig**, Ph.D., Professor, Dep. of Biology, Carleton University,  
1125 Colonel By Drive, Ottawa (Ontario) K1S 5B6

Téléphone : 613-520-2600 poste 3856

Courriel : [lenore\\_fahrig@carleton.ca](mailto:lenore_fahrig@carleton.ca)

Effets de la fragmentation de l'habitat sur les oiseaux forestiers

**Luc Bélanger**, Ph.D., Service canadien de la Faune, Division des Oiseaux  
Migrateurs, Environnement Canada

1141 route de l'Église, Québec (Québec) G1V 4H5

Téléphone : 418-649-6130

Courriel : [luc.belanger@ec.gc.ca](mailto:luc.belanger@ec.gc.ca)

## Corridors biologiques vs routiers

### Recherches

Écologie du paysage et écologie des routes

**Jochen A. G. Jaeger**, Assistant Professor, Dep. of Geography, Concordia University

Téléphone : 514-848-2424 ext. 5481

courriel : [jjjaeger@alcor.concordia.ca](mailto:jjjaeger@alcor.concordia.ca)

## Les différents types de passages

### Ouvrages

IUELL, B., BEKKER, H.G.J., CUPERUS, R., DUFEK, J., FRY, G., HICKS, C., HLAV, V., KELLER, V., ROSELL, C., SANGWINE, T., TRSLV, N. ET WANDALL, B.M. (2007). Faune et trafic - manuel européen d'identification des conflits et de conception de solutions, Traduit par le Sétra (Wildlife and Traffic : A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing), 176p.

SETRA (2005). Service d'étude technique des routes et autoroutes, Aménagements et mesures pour la petite faune : Guide technique, République Française ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer, 264 p.

## Les passages fauniques, la situation internationale

### Personnes ressources

Jean Carsignol

[jean.carsignol@equipement.gouv.fr](mailto:jean.carsignol@equipement.gouv.fr)

## Les passages fauniques au Québec

### Personnes ressources

Amphibiens (Estrie)

**Daniel Bergeron**, biol. P.D.G de AQUA-BERGE inc., [www.aqua-berge.com](http://www.aqua-berge.com)

4005, rue de la Garlock, Sherbrooke (Québec) J1L 1W9

Téléphone : 819-821-2163

Courriel : [dbergeron@aqua-berge.com](mailto:dbergeron@aqua-berge.com)

Cervidés (Autoroute 55, Estrie)

**Jean Gagné**, environnement, Ministère des Transports du Québec (MTQ),

Direction de l'Estrie

200, rue Belvédère Nord, bureau 2.02, Sherbrooke (Québec) J1H 4A9

Téléphone : 819-820-3280 poste 328

Courriel : [Jean.gagne@mtq.gouv.qc.ca](mailto:Jean.gagne@mtq.gouv.qc.ca)

Cervidés (Autoroute 73, Beauce)

**Jacques Bélanger**, environnement, MTQ, Direction de la Chaudière-Appalaches  
1156, boulevard de la Rive-Sud, Lévis (Québec) G6W 5M6  
Téléphone : 418-839-7978 poste 2060  
Courriel : Jacques.belanger@mtq.gouv.qc.ca

Cervidés (Autoroute 50, Laurentides)

**Guy d'Astous**, environnement, MTQ, Direction des Laurentides-Lanaudière,  
222, rue Saint-Georges, 2e étage, Saint-Jérôme (Québec) J7Z 4Z9  
Téléphone : 450-569-7414 poste 4028  
Courriel : guy.dastous@mtq.gouv.qc.ca

Aménagements pour l'original dans le Bas-Saint-Laurent

**Serge Rhéaume**, environnement, MTQ, Direction du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-  
Île-de-la-Madeleine  
92, 2<sup>e</sup> rue Ouest, bureau 101, Rimouski (Québec) G5L 8E6  
Téléphone : 418-727-3674  
Courriel : serge.rheaume@mtq.gouv.qc.ca

Petite faune et grande faune (Québec et route 175)

**Yves Bédard**, environnement, MTQ, Dir. de la Capitale-Nationale  
475, boul. de l'Atrium, 4<sup>e</sup> étage, Québec (Québec) G1H 7H9  
Téléphone : 418-380-2003 poste 2225  
Courriel : Yves.bedard@mtq.gouv.qc.ca

Grande faune (Route 175)

**Donald Martel**, environnement, MTQ, Direction du Saguenay-Lac-Saint-Jean-  
Chibougamau  
3950, boul. Harvey, Jonquière (Québec) G7X 8L6  
Téléphone : 418-695-7916  
Courriel : d.martel@mtq.gouv.qc.ca

Aménagements pour la faune terrestre (Autoroute 73-175 Beauce et Réserve  
faunique des Laurentides)

**Yves Leblanc**, biol. M.Sc. TecSult inc.  
4700, boul. Wilfrid-Hamel, Québec (Québec), G1P 2J9, www.tecsult.aecom.com  
Téléphone : 418-871-2444 poste 5071  
Courriel : Yves.leblanc@tecsult.aecom.com

N.B. Cette liste n'est pas exhaustive et traite seulement des références connues de l'auteur.