

Meilleures pratiques de gestion pour l'atténuation des effets des routes sur les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril en Ontario

Avril 2016



Rédigé par Kari Gunson, David Seburn, Julia Kintsch et Joe Crowley

ontario.ca/especesenperil

Citation suggérée

Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario. 2016. Meilleures pratiques de gestion pour atténuer les effets des routes sur les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril en Ontario. Imprimeur de la Reine pour l'Ontario. 111 p.

Remerciements

Ce document a été rédigé et révisé par : K. Gunson, Eco-Kare International; D. Seburn, Seburn Ecological Services; J. Kintsch, Eco-Resolutions et J. Crowley, ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario (MRNF). Ce document a bénéficié des examens effectués par les biologistes et les membres du personnel chargés des espèces en péril du MRNF. Merci mille fois à Trina Rytwinski pour sa contribution aux sections Plan d'étude et Impacts des routes. Les collaborations et les sources des illustrations sont indiquées tout au long du document. Merci à l'équipe de gestion de projet de la Direction des espèces en péril du MRNF (Joe Crowley, Darlene Dove, Amanda Eddington, Natasha Leahy, Megan McAndrew, Roxanne St. Martin et Lara Griffin) qui a mené le projet à bonne fin. Nous tenons à remercier particulièrement le Bureau des politiques du

ministère des Transports de l'Ontario (MTO), qui a examiné plusieurs versions préliminaires du présent document. Merci mille fois aux intervenants qui ont donné leurs impressions sur les coûts ainsi que des conseils puisés dans d'autres projets d'atténuation, notamment à Andrew Healy, de la Région du Nord-Ouest du MTO, et à Rick Levick, du Longpoint Causeway Improvement Committee. Kevin Williams, d'Atlantic Industries Limited, a mis son expertise à profit pour les aspects techniques de l'utilisation de ponceaux en guise d'écoducs. Ce document se veut une première édition dans un domaine d'avant-garde des sciences appliquées qui évolue rapidement.

Photo de Joe Crowley

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	5
1.1	But	5
1.2	<i>Loi de 2007 sur les espèces en voie de disparition</i>	5
1.3	Configuration du document	6
2	IMPACTS DES ROUTES	7
3	PLANIFICATION DE L'ATTÉNUATION	9
3.1	Évitement et atténuation des impacts à l'échelle des projets	9
3.2	Considérations liées à la planification des projets et sources d'information	9
3.3	Processus recommandé	11
3.4	Considérations liées aux paysages	13
4	MPG POUR L'ATTÉNUATION DES ROUTES	14
4.1	Structures de passage	14
4.1.1	Types de structures de passage pour les amphibiens et les reptiles	15
4.1.2	Aménagement des structures de passage	26
4.1.3	Emplacement et espacement des structures de passage	30
4.1.4	Réhabilitation des tuyaux de ponceaux existants	33
4.1.5	Recommandations propres aux taxons	33
4.2	Clôture des structures de passage destinées aux reptiles et aux amphibiens	39
4.2.1	Aménagement des clôtures	39
4.2.2	Placement des clôtures	45
4.2.3	Entretien des clôtures	48
5	MESURES SUPPLÉMENTAIRES	48
5.1	Exercer une influence sur le comportement des conducteurs	48
5.2	Exercer une influence sur les déplacements de la faune	51
6	ATTÉNUATION TEMPORAIRE PENDANT LA CONSTRUCTION D'UNE ROUTE	54
6.1	Synchronisation des activités de construction	54
6.2	Mesures d'atténuation pour les activités de construction	54
7	SURVEILLANCE	56
7.1	Plan d'étude	56
7.2	Techniques de surveillance	58
7.2.1	Relevés routiers	58
7.2.2	Efficacité des structures de passage et des clôtures	58
7.2.3	Estimations des populations	65
7.3	Gestion adaptative	65
8	BIBLIOGRAPHIE	66

9 ANNEXES

Annexe A : HABITATS UTILISÉS PAR LES ESPÈCES AMPHIBIENNES ET REPTILIENNES EN PÉRIL ET DÉPLACEMENTS DE CES ESPÈCES	83
Annexe B : DÉFINITIONS.....	90
Annexe C: STRUCTURES DE PASSAGE - RÉSUMÉ DES OUVRAGES CONSULTÉS.....	91
Annexe D: LIENS ET AUTRES RESSOURCES	105
Annexe E: TABLEAUX DE COÛTS DE L'ÉCHANTILLON DE TUNNELS (2014).....	106

1 INTRODUCTION

1.1 But

Les Meilleures pratiques de gestion pour l'atténuation des effets des routes sur les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril en Ontario du ministère des Richesses naturelles et des Forêts (MRNF) (ci-après appelé le document sur les meilleures pratiques de gestion [MPG]) vise à renseigner sur la conception, la mise en place et la surveillance des mesures d'atténuation afin de rétablir la connectivité et de diminuer la mortalité sur les routes des espèces amphibiennes et reptiliennes qui sont en péril. Cette compilation de renseignements facilitera la planification de l'atténuation pour les amphibiens et les reptiles en péril en Ontario. Le public visé comprend les offices d'aménagement (administration locale ou gouvernement provincial), les particuliers qui mettent en application les exigences de la *Loi de 2007 sur les espèces en voie de disparition* (LEVD) dans le paysage, les conseillers qui travaillent pour le compte de ces personnes ainsi que les organismes de conservation qui participent à la planification et à la conception de projets d'atténuation des impacts des routes nouvelles et de la réfection (l'aménagement) des routes.

Ce document sur les MPG porte principalement sur les structures de passage et les clôtures. Bien qu'il n'y ait pas de solution unique pour atténuer les effets des routes sur les amphibiens et les reptiles, le présent document donne des renseignements pour concevoir une atténuation propre au site fondée sur les meilleures pratiques et les constatations puisées dans la documentation examinée par les pairs et la littérature parallèle actuelles (p. ex. des sites Web et des actes de conférences), des documents gouvernementaux, des mémoires universitaires et des sondages sur les communications personnelles réalisés auprès d'experts dans le secteur de l'écologie de la route ainsi que dans d'autres domaines pertinents (p. ex. l'ingénierie, la biologie

des espèces). Lorsque des lacunes en matière de connaissances ont été cernées, les recommandations sont fondées sur les meilleurs renseignements disponibles et des opinions d'experts ainsi que sur l'interprétation logique des besoins propres aux espèces et les caractéristiques du cycle vital.

Ce document, qui présente des renseignements à jour à la date de la publication, doit être actualisé au fur et à mesure que des renseignements améliorés deviennent accessibles. Si vous aimeriez fournir des renseignements pertinents susceptibles d'être pris en considération dans les mises à jour du présent document, veuillez les faire parvenir par courriel à esapermits@ontario.ca

1.2 Loi de 2007 sur les espèces en voie de disparition (LEVD)

La LEVD établit le cadre législatif pour la protection des espèces en péril en Ontario. L'article 9 de la LEVD englobe l'interdiction de tuer, de harceler, de capturer, de prendre ou de nuire à un membre vivant d'une espèce qui est inscrite sur la Liste des espèces en péril en Ontario comme espèce disparue de l'Ontario, en voie de disparition ou menacée. L'article 10 de la LEVD comprend l'interdiction d'abîmer ou de détruire l'habitat d'une espèce en voie de disparition ou menacée.

La LEVD comprend des dispositions qui permettent au ministre de délivrer des permis et de conclure des accords afin d'autoriser des activités qui seraient par ailleurs interdites et le Règlement de l'Ontario 242/08 établit les exemptions conditionnelles aux interdictions en vertu de la Loi pour certaines activités. Pour obtenir de plus amples renseignements, visitez le site Web du gouvernement ou lisez le texte intégral des mesures législatives dans Lois-en-ligne à l'aide des liens fournis ci-dessous.

Comment les espèces en péril sont protégées:
<https://www.ontario.ca/fr/page/comment-les-especes-en-peril-sont-protgees>

Loi de 2007 sur les espèces en voie de disparition dans Lois-en-ligne :
<http://www.ontario.ca/fr/lois/loi/07e06>

Ontario Regulation 242/08 on e-Laws:
<http://www.ontario.ca/laws/regulation/080242>

1.3 Configuration du document

Ce document est organisé selon les sections suivantes :

La section 1 (Introduction) contient des renseignements généraux sur les menaces que présentent les routes pour les espèces amphibiennes et reptiliennes et les objectifs globaux du document.

La section 2 (Impacts des routes) contient des renseignements généraux sur les incidences des routes sur les amphibiens et les reptiles et le besoin de mesures d'atténuation des routes.

La section 3 (Planification de l'atténuation) renferme des renseignements sur les aspects à prendre en considération pour concevoir un plan d'atténuation dans le contexte d'un paysage à l'intérieur des processus de planification de projets.

La section 4 (MPG pour l'atténuation des routes) aborde les variations en matière de conception ainsi que les applications pour trois systèmes de structures de passage destinés aux amphibiens et aux reptiles, en plus des aspects détaillés à prendre en considération pour situer, concevoir, améliorer et entretenir les systèmes de structures de passage et de clôtures.

La section 5 (Mesures supplémentaires)

contient des recommandations pour l'utilisation de mesures d'atténuation autres que les systèmes de structures de passage et de clôtures afin de réduire les incidences des routes sur les amphibiens et les reptiles. Ces mesures peuvent être employées lorsque des structures de passage ne sont pas nécessaires ou pour compléter un plan d'atténuation efficace.

La section 6 (Atténuation temporaire pendant la construction d'une route)

propose des aspects à prendre en considération afin de diminuer les incidences des activités de construction, y compris la synchronisation des travaux de construction afin d'éviter les impacts liés à la construction ainsi que des éléments à considérer au sujet de l'utilisation de mesures d'atténuation temporaires pour réduire au minimum les impacts pendant des travaux de construction.

La section 7 (Surveillance) souligne où se trouvent les lacunes en matière de connaissances liées à l'efficacité des mesures d'atténuation pour diminuer les impacts des routes sur les amphibiens et les reptiles. Le plan d'étude et les techniques de surveillance pour mesurer l'efficacité des structures de passage et des clôtures dans une approche adaptative y sont abordés.

Bibliographie

L'annexe A (Habitats utilisés par les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril et déplacements de ces espèces) donne un résumé général de l'utilisation des habitats saisonniers, des distances de déplacement générales à l'intérieur d'un habitat et entre les habitats et des périodes de déplacement des espèces amphibiennes et reptiliennes en péril en Ontario.

L'annexe B (Définitions) contient un glossaire des termes employés tout au long du document.

L'annexe C (Structures de passage – Résumé des ouvrages consultés) résume les constatations de la recension de la littérature qui ont éclairé les recommandations tout au long du document.

L'annexe D (Liens et autres ressources) contient une liste des sources utiles qui peuvent être recoupées au moment d'élaborer un plan d'atténuation pour des amphibiens et des reptiles en péril.

L'annexe E (Tableaux de coûts de l'échantillon de tunnels [2014]) contient le coût par mètre pour un tunnel circulaire et un tunnel rectangulaire ainsi que les éléments particuliers à prendre en considération pour l'installation.

2 IMPACTS DES ROUTES

À l'échelle mondiale, il y a beaucoup plus d'espèces amphibiennes et reptiliennes qui sont en péril que de mammifères ou d'oiseaux (UICN 2010). Les amphibiens et les reptiles formaient les groupes d'espèces les plus touchés dans une méta-analyse effectuée à l'aide des données de 75 études qui mesuraient de façon quantitative le lien entre les routes ou la circulation et la taille des populations (Rytwinski et Fahrig 2012). Les menaces que posent les routes pour les populations d'amphibiens et de reptiles en Ontario sont bien documentées et elles englobent principalement la mortalité directe des animaux ainsi que la perte, la dégradation et la fragmentation de l'habitat (p. ex. Fahrig et coll. 1995, Ashley et Robinson 1996, Findlay et Houlahan 1997, Vos et Chardon 1998, Haxton 2000, MacKinnon et coll. 2005, Crowley 2006, Seburn 2007, Eigenbrod et coll. 2008a, Eberhardt et coll. 2013).

Dans le sud de l'Ontario, le réseau de routes principales est passé de 7 000 km à plus de 35 000 km de 1935 à 1995 (Fenech et coll. 2001). Par conséquent, il n'y a aucun point dans le sud de l'Ontario qui est situé à plus de 1,5 km d'une route (Gunson et coll. 2012) et l'habitat naturel qui reste est isolé en parcelles. De plus, la population humaine devrait connaître une croissance d'au moins 30 % au cours des 20 prochaines années dans la région élargie du Golden Horseshoe, ce qui aura pour effet d'augmenter le débit de la circulation et d'exercer des pressions pour l'expansion et la réfection des routes. Ces incidences pourraient être atténuées aux quatre coins de l'Ontario à l'aide de solutions axées sur l'écologie de la route planifiées et mises en place de manière adéquate.

La surveillance a permis de documenter des niveaux de mortalité routière importants (van Gelder 1973, Rosen et Lowe 1994, Ashley et Robinson 1996, Aresco 2005) ainsi que les effets des barrages routiers (Andrews et

Gibbons 2005) pour les amphibiens et les reptiles. Les serpents sont particulièrement vulnérables à la mortalité routière, car certaines espèces s'immobilisent en réaction au passage d'un véhicule (Andrews et Gibbons 2005) ou se prélassent au soleil sur la chaussée à la recherche d'une thermorégulation (Andrews et coll. 2008). Les serpents peuvent également éviter carrément de traverser des routes, ce qui risque de perturber les comportements normaux, d'empêcher l'accès aux habitats clés et ultimement, de diminuer la diversité génétique (Shine et coll. 2004, Rouse et coll. 2011, Robson et Blouin-Demers 2013). Une mortalité routière de plus de trois femelles adultes par année risque d'entraîner des déclinis pour certaines populations de serpents qui sont longévives, comme la couleuvre obscure (Row et coll. 2007).

Des études de modélisation donnent à entendre que chez plusieurs espèces de tortues, les populations diminuent à cause des taux élevés de décès occasionnés par la circulation chaque année dans certaines régions (Gibbs et Shriver 2002). Les tortues sont particulièrement vulnérables à la mortalité causée par la circulation, car leur stratégie pour leur cycle vital se caractérise par de longues durées de vie, une maturité retardée (qui prend parfois plus de 20 ans) et une survie très élevée chez les adultes. Par conséquent, les augmentations de la mortalité parmi les adultes, même si elles sont petites mais continues, peuvent entraîner des diminutions de population (Congdon et coll. 1993) et le rétablissement est lent (Brooks et coll. 1991). Les femelles sont menacées par la mortalité provoquée par la circulation en raison de leurs déplacements au-dessus du sol vers les aires de nidification (Steen et coll. 2012) et les populations de certaines espèces ont une prédominance de mâles dans les terres humides à l'intérieur des régions où la densité des routes est élevée (Marchand et Litvaitis 2004, Steen et Gibbs 2004).

Lorsqu'ils migrent vers les aires de reproduction dans les terres humides, les amphibiens sont vulnérables à la mortalité routière, qui peut varier de 19 % (Gibbs et Shriver, 2005) jusqu'à 98 % (Hels et Buchwald, 2001) selon les débits de circulation (Bouchard et coll. 2009). Une mortalité routière de seulement 10 % de la population adulte peut mener à l'extinction d'une population (Gibbs et Shriver, 2005), ce qui a pour effet de diminuer la richesse des espèces et l'abondance des individus à proximité des routes (p. ex. Carr et Fahrig, 2001; Eigenbrod et coll., 2008). En outre, Karraker et Gibbs (2011) ont découvert que la mortalité routière réduit l'espérance de vie des salamandres maculées (*Ambystoma maculatum*) à proximité des routes et qu'en déposant des masses d'œufs plus petites, les jeunes salamandres diminuent également l'efficacité de la reproduction. En plus de provoquer des décès, les routes freinent les déplacements des amphibiens (deMaynadier et Hunter 2000), ce qui peut limiter le flux génétique (Marsh et coll. 2008).

3 PLANIFICATION DE L'ATTÉNUATION

3.1. Évitement et atténuation des impacts à l'échelle des projets

La planification des projets et la conception pour les routes est un processus par étapes qui commence par la définition de la zone d'étude pour la construction de nouvelles routes ou pour d'autres grands projets de réfection des routes. Meese et coll. (2009) cernent les incidences possibles de différents types de projets routiers sur les espèces sauvages en général (tableau 1). La liste des types de projets ne se veut pas exhaustive; elle vise plutôt à inclure les grands travaux d'aménagement et de réfection des routes à l'intérieur de la portée du présent document. Les activités d'exploitation et d'entretien des routes, comme le nivellement et le pavage des accotements, ont d'autres répercussions sur les espèces en péril qui ne sont pas abordées dans ce document. Les projets devraient être conçus pour éviter les impacts dans la mesure du possible. Pour ce faire, il est préférable de situer les routes de manière à éviter complètement les espèces en péril.

3.2 Considérations liées à la planification des projets et sources d'information

Les renseignements contenus dans ce document décrivent les aspects à prendre en considération pour concevoir et intégrer un plan d'atténuation au processus de planification routière dans des situations où il est impossible de l'éviter. Les nouvelles routes ou les aménagements de routes présentent des possibilités pour réduire les incidences sur les espèces en péril en intégrant des mesures d'atténuation. Ces mesures d'atténuation comprennent des tunnels spécialisés pour le passage des animaux sauvages ainsi que la modification ou la réhabilitation des passages de drainage existants qui sont utilisés pour l'eau et par la faune.

La mise sur pied d'un plan d'atténuation commence pendant la phase de la construction et une attention particulière doit être portée aux amphibiens et aux reptiles dans les détails de la conception. Il est important pour toutes les personnes concernées par le projet de construction, y compris les équipes de route, de connaître les mesures d'atténuation qui doivent être mises en place. Une surveillance effectuée par les personnes qui connaissent le mieux les mesures d'atténuation est impérative afin de s'assurer que des solutions efficaces d'atténuation des routes soient mises en place. Par exemple, une clôture qui présente une ouverture ou une clôture qui est mal enfoncée peut rendre les mesures d'atténuation inefficaces. Une assurance de la qualité et une observation des spécifications liées à l'atténuation doivent être exercées pour chaque projet. Des contrôles de qualité de routine doivent être effectués afin de s'assurer que la mise en place des mesures d'atténuation ne soit pas mal interprétée pendant la construction et un entretien de routine des mesures d'atténuation s'impose après les travaux de construction.

La compilation des données de terrain et des systèmes d'information géographique (SIG) peut faciliter l'élaboration d'un plan d'atténuation efficace. Les compilations de données courantes comprennent les données sur les occurrences des espèces recueillies auprès du MRNF ou d'autres sources; ces données sont complétées, de préférence, par d'autres données sur les levés routiers et des données sur la présence des espèces recueillies dans la zone d'étude du projet à l'aide de techniques de recensement courantes (voir la section 7.2.1). Dans le cas des projets routiers de plus grande envergure, la durée du processus d'évaluation environnementale (EE) peut s'étendre jusqu'à dix ans, surtout s'il y a des intervalles entre l'évaluation préliminaire, la conception détaillée et la construction. Cela permet de recueillir des données officielles à l'intérieur de

Tableau 1 : Un résumé des types de projets pendant des activités d'aménagement et de réfection des routes et de leurs incidences potentielles sur les amphibiens et les reptiles (adapté de Meese et coll. 2009).

Activité routière	Type de projet	Incidences sur les espèces en péril
Aménagement des routes	Nouveau tracé routier ou prolongement de route	Fractionnement de l'habitat existant et des voies de déplacement; isolement génétique des populations; mortalité routière; perte d'habitat
Aménagement des routes	Élargissement des routes	L'accroissement des débits de circulation et l'élargissement des routes augmentent le risque de mortalité sur les routes (Gibbs et Shriver, 2002); perte d'habitat
Aménagement des routes	Création d'un terre-plein central et installation de barrières d'accotement	La multiplication des barrières et l'élargissement du corridor routier augmentent le risque de mortalité sur les routes
Réfection des routes	Amélioration des ponceaux ou des ponts	Peuvent engendrer des possibilités ou des obstacles pour les déplacements selon la perméabilité de la structure qui en résulte (Kintsch et Cramer 2011); risque de détruire les nids de tortues si les travaux sont effectués pendant la période de nidification
Réfection des routes	Amélioration du pavage des routes	Augmente le risque de mortalité routière et perturbe les animaux

la zone d'étude du projet qui peuvent éclairer la planification de l'atténuation ainsi que les évaluations de l'efficacité de l'atténuation.

Les données géoréférencées susceptibles d'être accessibles pour faciliter la planification et la conception des projets peuvent inclure les éléments suivants :

- des cartes qui indiquent l'utilisation et l'appartenance des terrains existants et futurs;
- une cartographie des habitats (p. ex. le Système d'information sur les terres du Sud de l'Ontario ou les classifications écologiques des terres);
- des renseignements sur les occurrences des espèces en péril (le Centre d'information sur le patrimoine naturel);
- les particularités du terrain;
- les systèmes pour le patrimoine naturel;
- le réseau routier existant et futur ainsi que les autres infrastructures (p. ex. les barrières

ou les passages existants, y compris les ponceaux, les terre-pleins centraux et les barrières d'accotement, de même que les voies ferrées adjacentes et les routes locales ou privées).

3.3 Processus recommandé

Les étapes recommandées afin d'élaborer un plan d'atténuation exhaustif pour les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril sont indiquées dans la figure 1 et décrites ci-dessous.

1^{re} étape : Déterminez et priorisez les tronçons de routes qui nuiront à la connectivité et/ou qui présentent un risque de mortalité pour les amphibiens et les reptiles à l'aide des collectes de données sur le terrain et des renseignements supplémentaires sur le paysage (voir la section 3.4). Les impacts routiers et les objectifs d'atténuation définis formeront le contenu ainsi que la portée du plan d'atténuation.

2^e étape : Concevez et situez les mesures d'atténuation comme les structures de passage et les clôtures en combinant les données écologiques (p. ex. des renseignements sur les espèces, l'habitat et le paysage) aux données techniques (p. ex. géomorphologiques, hydrologiques et topographiques). Cette étape nécessite une collaboration entre les membres de l'équipe de conception écologique et technique afin d'assurer une intégration fluide des renseignements dans le plan d'atténuation. Pour un projet de réfection routière, il peut y avoir des possibilités de réhabilitation des infrastructures existantes. À l'aide d'une évaluation consciencieuse, les ponts et les tuyaux de ponceaux existants peuvent être utilisés ou adaptés pour les amphibiens et les reptiles (voir la section 4.1.4).

3^e étape : Envisagez une perspective qui regroupe plusieurs espèces afin de vous assurer qu'une stratégie pour une espèce donnée ne crée pas de répercussions involontaires sur les autres espèces sauvages. Des mesures supplémentaires, comme des panneaux d'avertissement aux extrémités des clôtures, peuvent compléter une stratégie qui vise des espèces multiples (voir la section 5).

4^e étape : Déterminez des mesures d'atténuation temporaires. Ces mesures pourraient consister à exécuter les travaux de construction quand les animaux ne sont pas actifs, à synchroniser la construction à des tronçons de routes particuliers lorsque l'activité animale est minime (voir la section 6.1) et à mettre en place des mesures d'atténuation temporaires (voir la section 6.2).

5^e étape : Dressez un plan de surveillance afin d'évaluer l'efficacité de l'atténuation. Consultez la section 7 pour obtenir de l'information sur l'élaboration d'un plan de surveillance complet qui aborde l'incertitude qui entoure la conception de l'atténuation.

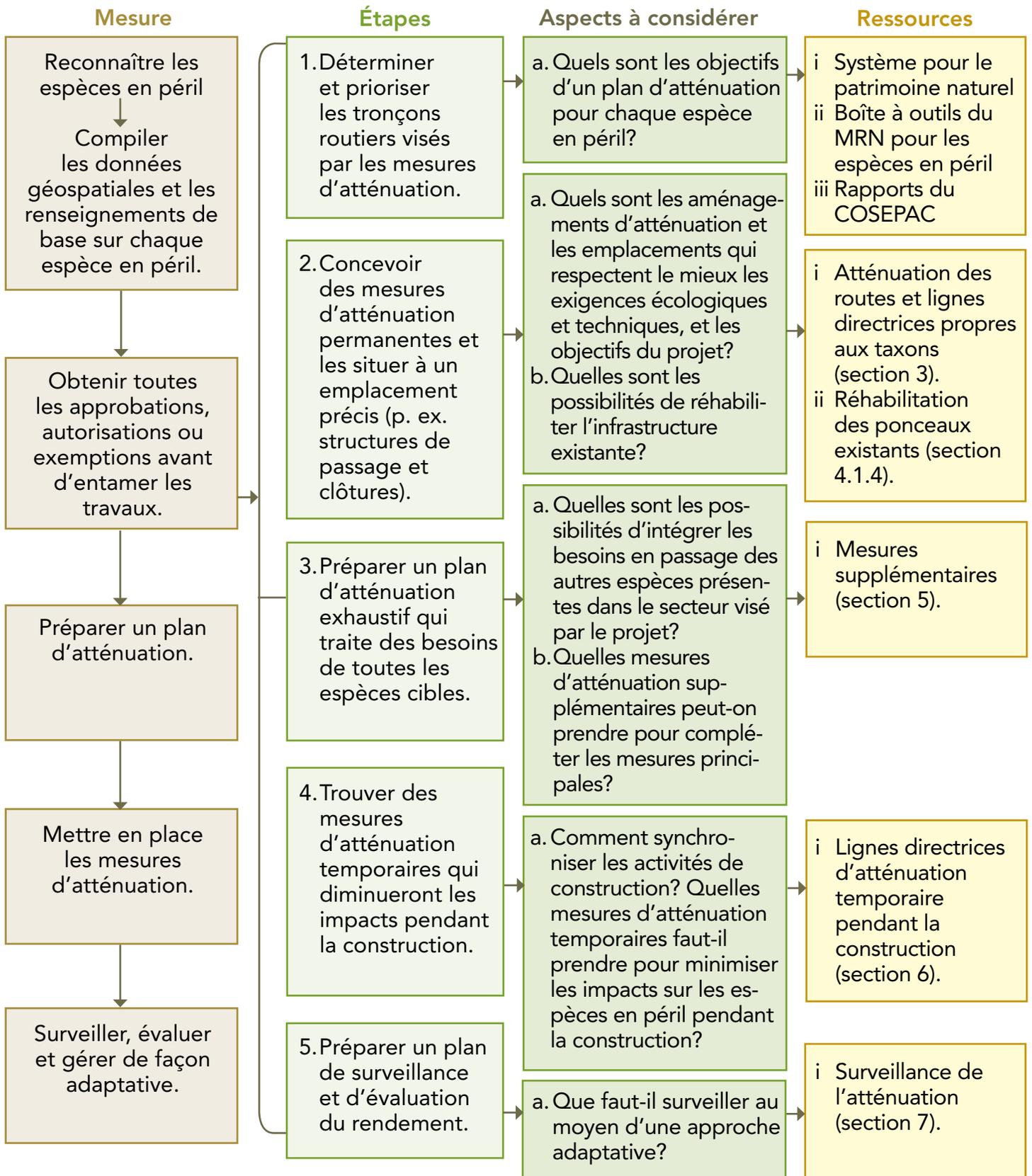


Figure 1 : L'organigramme résume l'élaboration d'un plan d'atténuation (étapes distinctes, aspects à considérer et ressources à l'appui) à l'intérieur des processus d'autorisation établis pour les grands travaux routiers.

3.4 Considérations liées au paysage

Le contexte élargi du paysage doit absolument être pris en considération afin de planifier efficacement l'atténuation pour les projets de transport, car les amphibiens et les reptiles ont besoin d'être protégés contre les répercussions néfastes à l'échelle de la localité et du paysage (Semlitsch 2008). Autrement dit, les animaux ont besoin de se déplacer à l'intérieur des parcelles de type habitat afin d'avoir accès aux ressources (à l'échelle locale), mais également entre les habitats à différentes périodes de l'année lorsqu'un habitat devient inhospitalier ou pour maintenir les échanges génétiques (à l'échelle de la métapopulation régionale).

En Ontario, les systèmes du patrimoine naturel (SPN) ont été conçus à des échelles variées. Certains systèmes sont locaux, tandis que d'autres s'étendent sur plusieurs territoires, comme les systèmes dans le Plan de la ceinture de verdure qui englobe plusieurs municipalités régionales. Les systèmes du patrimoine naturel comprendront souvent des types d'habitats variés, y compris un habitat important pour les amphibiens et les reptiles. Le système du patrimoine naturel déterminé dans le Plan de la ceinture de verdure de 2005 est un exemple d'une méthode de conservation du patrimoine naturel à l'intérieur du système, à l'échelle du paysage, qui est axée sur les zones centrales et les liens. Les SPN peuvent relier des caractéristiques et des zones importantes du patrimoine naturel qui sont utilisées par les amphibiens et les reptiles, comme les terres humides et les habitats des hautes terres. Les efforts de planification de la conservation applicables, comme les SPN, peuvent être mis au point à l'aide de modèles propres aux taxons pour les amphibiens et les reptiles (Gunson et coll. 2012) et de l'habitat cerné pour les espèces en péril. Ces renseignements, qui peuvent servir à déterminer les endroits où les routes présenteront le plus grand risque de mortalité

routière et d'isolement de l'habitat, devraient être intégrés aux premières phases de l'élaboration du plan d'atténuation.

Le contexte élargi du paysage doit être pris en considération, car les incidences sur la faune sont rarement causées uniquement par le transport (Clevenger 2012). Les considérations suivantes à l'échelle du paysage contribueront à l'élaboration d'un plan d'atténuation exhaustif :

- La détermination de l'emplacement des populations d'espèces en péril et de leur habitat, y compris l'utilisation des habitats saisonniers et les voies de déplacement (décrites à l'annexe A);
- La détermination de la connectivité à l'échelle régionale qui intègre une approche axée sur les écosystèmes (p. ex. les systèmes du patrimoine naturel);
- La compréhension de la sécurité sur les terrains adjacents (c.-à-d. l'état et l'appartenance du terrain adjacent à un projet et la possibilité de changer l'utilisation du terrain);
- La coordination avec les autres administrations (p. ex. les municipalités et les offices de protection de la nature qui détiennent les infrastructures et les terrains adjacents).

4 MPG POUR L'ATTÉNUATION DES ROUTES

Cette section résume les MPG pour les structures de passage et les clôtures (voir les sections 4.1 et 4.2). Elle porte principalement sur la meilleure conception structurelle pour tous les amphibiens et les reptiles et elle note des considérations propres aux espèces, le cas échéant. Ces MPG sont suivies par des considérations propres aux taxons (tortues, serpents et lézards, salamandres, grenouilles et crapauds; voir la section 4.1.5) qui sont résumées et complétées par une section de justification fondée sur un recensement exhaustif de la documentation. Toutes les MPG sont également illustrées et corroborées à l'aide d'exemples pertinents, de photos, de sources et d'avertissements précisés tout au long de la section. Bien que les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril présentes en Ontario soient au centre de ce document, les renseignements proviennent également de la recherche sur des espèces apparentées dans d'autres régions pour chaque taxon. Ce document contient les spécifications minimales recommandées pour la conception (p. ex. la hauteur, la longueur et la hauteur pour les structures de passage et les clôtures) selon les meilleurs renseignements disponibles. Tous les plans d'atténuation seront assujettis à des compromis en fonction des contraintes liées à l'ingénierie, au budget, à la sécurité publique et aux sites visés.

Jusqu'à présent, les structures de passage (voir la section 4.1) combinées aux clôtures (voir la section 4.) offrent l'atténuation la plus efficace des impacts routiers pour les amphibiens et les reptiles dans le sens où ils facilitent la connectivité des paysages et ils réduisent la mortalité routière en tenant les animaux à l'écart de la route (Dodd et coll. 2004, Aresco 2005). Les structures de passage et les clôtures intégrés aux projets d'aménagement et de réfection des routes présentent les possibilités les plus intéressantes de créer des passages fonctionnels même si, dans certains

cas, les structures existantes peuvent être réhabilitées afin de faciliter le va-et-vient des animaux sauvages (voir la section 4.1.4). Les recommandations ci-après se concentrent principalement sur les tunnels de moins de 3 mètres de largeur, car ces structures, qui sont généralement utilisées pour les amphibiens et les reptiles, sont offertes sous forme de structures prémoulées ou préfabriquées. Lorsque la largeur du tunnel est supérieure à 25 mètres, une structure plus grande, comme un passage supérieur, un pont à travées multiples ou un viaduc, devrait être envisagée (voir la section 4.1.1). Les structures plus grandes peuvent être intégrées dans une stratégie de conception qui regroupe plusieurs espèces afin d'en accroître l'efficacité pour les espèces de grande et de petite taille. Les aspects à considérer pour les espèces multiples sont indiqués dans ce document, en plus des approches pour combiner les mesures d'atténuation afin de réaliser un plan d'atténuation global.

4.1. Structures de passage

Les structures de passage peuvent jouer un rôle de premier plan pour atténuer les impacts des routes sur les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril de l'Ontario. Des recommandations sur l'emploi de différents types de structures de passage, les éléments à considérer pour la conception, l'emplacement et l'espacement des structures de passage ainsi que des lignes directrices propres aux taxons sont données. La réhabilitation des tuyaux de ponceaux existants et les considérations qui s'y rattachent sont également abordées.

Dans le présent document, le terme « tunnel » est employé pour faire une distinction entre les structures de passage qui sont conçues pour les amphibiens et les reptiles et les ponceaux qui sont destinés au transport de l'eau sous la route. Les tunnels rectangulaires composés de substrat naturel, les tunnels arqués et les

tunnels circulaires enfoncés entre 0,3 et 0,4 mètre dans le sol sont les principaux types de tunnels recommandés parce qu'ils répondent

aux critères essentiels, comme un fonds de substrat naturel et une chaussée plane.

4.1.1 Types de structures de passage pour les amphibiens et les reptiles

Types de structures de passage pour les amphibiens et les reptiles

TUNNEL RECTANGULAIRE	
<ul style="list-style-type: none"> ● Traditionnellement utilisé pour le drainage, mais aussi de plus en plus placé et modifié spécifiquement pour le passage des amphibiens et des reptiles. ● Ces tunnels, qui peuvent atteindre jusqu'à 3 mètres de largeur ou de hauteur, sont généralement composés de béton précontraint (photo 1). ● La longueur maximale recommandée pour ce tunnel est de 25 mètres. ● Il y a des tunnels à toit ouvert (photo 2) ou à grille ouverte (photo 3) ou à fond ouvert (photos 4) ainsi que des variantes (photo 5 à 7). ● Les parois droites peuvent être percées par les espèces cibles comme de plus grandes ouvertures. ● Il comporte une plus grande superficie transversale ou ouverture que les ponceaux circulaires ou elliptiques de la même largeur. 	
VARIATIONS STRUCTURELLES	<p>DESSUS OUVERT</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Réalisé à l'aide de fentes ou de rainures pratiquées sur le toit (photo 2) ou d'une grille ouverte installée sur deux assises de béton (photo 5). ● Permet des conditions ambiantes plus uniformes, notamment en termes d'humidité, de lumière et de température (photo 8). ● Préoccupations possibles au sujet de la pénétration de débris de la route, de polluants ou du bruit causé par la circulation. ● S'installe en pente descendante à partir du milieu de la route jusqu'au bord de la route afin de permettre le drainage et le nettoyage naturel du tunnel.
	<p>FONDS OUVERT</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Structures à trois faces (photo 4). ● Permet de conserver les conditions du substrat naturel (p. ex. le lit du cours d'eau ou le plancher d'herbes).
APPLICATION	<ul style="list-style-type: none"> ● Un tunnel à toit ouvert de plus petite taille peut augmenter les traversées réussies ou créer des conditions de microhabitat qui équivalent l'ouverture créée par les tunnels de plus grande taille. ● Les tunnels à grille ouverte ont été utilisés auparavant sur des routes peu fréquentées qui longent des chalets ou sur des routes qui se trouvent dans des zones protégées (p. ex. la route Wild Rice Trail, le parc provincial Algonquin, le parc provincial Killbear (photos 5 et 6).

TUNNEL RECTANGULAIRE

APPLICATION	<ul style="list-style-type: none"> ● Pour les autoroutes divisées avec deux structures qui se terminent dans le terre-plein central, les tunnels devraient être reliés par une clôture (photo 10). ● Des murs de tête peuvent être utilisés à l'entrée pour raccourcir la longueur de la structure ou pour assurer une continuité fluide avec un muret guide en béton (photo 11). ● Pour les ponceaux rectangulaires, le plancher du tunnel devrait être enterré avec du substrat naturel et des objets sous lesquels se cacher (photos 12 et 13). ● Un dessus ouvert dans l'accotement de la route et un toit fermé le long de la chaussée peuvent être plus adéquats pour les routes très fréquentées (photo 7).
CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES	<ul style="list-style-type: none"> ● Les tunnels à toit ouvert doivent être au niveau de la surface de la route. ● Les variations dans la conception peuvent nécessiter des dessins de conception particuliers si le tunnel n'est pas préfabriqué. ● La taille du tunnel doit correspondre au profil routier vertical afin que la charge supérieure soit adéquate pour assurer la stabilité structurelle.
CONSIDÉRATIONS LIÉES À L'ENTRETIEN	<ul style="list-style-type: none"> ● Il peut être plus difficile d'empêcher les débris de pénétrer dans les plus petits tunnels. ● Les tunnels à toit ouvert peuvent devoir être lavés à grande eau périodiquement (p. ex. avec un tuyau d'incendie) afin de nettoyer l'accumulation de polluants de la route. ● Les structures plus grandes permettent une meilleure accessibilité pour l'entretien tout en ayant des augmentations de coûts relativement mineures par rapport au coût du projet routier. ● Les tunnels à toit ouvert sont jugés nuire à l'enlèvement de la neige. Cela dit, cela n'a pas été le cas pour d'autres installations de tunnels dans des pays froids et le haut du tunnel s'utilise tout comme la surface de la route (voir l'examen dans Langton 2014). ● Le substrat naturel et les autres objets qui offrent un refuge doivent être conservés.
COÛT (comparaison relative des matériaux en 2014)	<ul style="list-style-type: none"> ● Les coûts par mètre varient entre 800 \$ CA pour le tunnel à toit ouvert préfabriqué ACO (0,5 m sur 0,5 m) et 3 000 \$ CA pour un tunnel rectangulaire en cloisonné (1,8 m sur 1,8 m).

TUNNEL RECTANGULAIRE



Photo 1. Ponceau rectangulaire prémoulé le long de l'autoroute 69, Ontario © K. Gunson



Photo 2. Tunnel à toit ouvert dans le parc national des Lacs-Waterton, Alberta © K. Gunson



Photo 3. Tunnel à grille ouverte au parc provincial de Killbear, Ontario © K. Gunson



Photo 4. Tunnel à fond ouvert le long de l'autoroute 69, Ontario © K. Gunson

TUNNEL RECTANGULAIRE



Photo 5. Tunnel à fond ouvert et à grille ouverte au parc provincial Killbear, Ontario © K. Gunson



Photo 6 Tunnel à toit ouvert et à fond ouvert au Wild Rice Trail, lac Six Mile © K. Gunson



Photo 7. Variante à toit ouvert et fermé, Allemagne © ACO International



Photo 8. Tunnel à toit ouvert ACO laissant pénétrer la lumière © Kari Gunson

TUNNEL RECTANGULAIRE



Photo 9. Tunnel rectangulaire à fond ouvert avec un cours d'eau naturel sur la route Transcanadienne dans le parc national Banff, Alberta © K. Gunson



Photo 10. Tunnels rectangulaires dans un terre-plein central qui devraient être reliés par une clôture lorsqu'ils doivent servir d'écoducs. © K. Gunson



Photo 11. Tunnel dont les murs de tête sont reliés à des garde-fous en béton à Cuba. © G. Barrett



Photo 12. Ajout de terre dans un tunnel rectangulaire près d'Ucluelet, C.-B. © Barb Beasely

TUNNEL RECTANGULAIRE



Photo 13. De la terre et des branches sur le fond d'un tunnel, Ucluelet, C. B.

©Barb Beasley

TUNNEL ARQUÉ OU CIRCULAIRE

- Les tunnels arqués ont des fonds naturels (photos 14 et 15) et ils sont recommandés pour les structures qui ont un diamètre d'au moins 1,5 mètre (les largeurs courantes sont de 1,8, de 2,4 et de 3,0 mètres).
- Les tunnels circulaires fonctionnent bien dans des situations aquatiques pour les tortues et les serpents semi-aquatiques.
- Dans des conditions terrestres, les tunnels circulaires devraient être remplis avec 0,3 à 0,4 mètre de terre ou de débris locaux afin de créer un passage à niveau et il est recommandé d'en augmenter la taille à partir des recommandations minimales à la section 4.1.5 afin de compenser la superficie qui est perdue en raison du remplissage.
- La longueur maximale recommandée pour ce tunnel est de 25 mètres.
- Des voies terrestres le long du lit d'un ruisseau ou d'une crique sont possibles avec une largeur structurelle supplémentaire.
- Les spécifications recommandées pour la conception des tunnels arqués sont légèrement plus grandes qu'elles ne le sont pour les tunnels rectangulaires afin de compenser la perte d'ouverture attribuable à la forme du tunnel.

TUNNEL ARQUÉ OU CIRCULAIRE

VARIATIONS STRUCTURELLES	DESSUS OUVERT <ul style="list-style-type: none"> ● Un dessus ouvert à fentes (photos 16 et 17) ou des montants verticaux pour des lanterneaux sur la longueur du tunnel pour créer un éclairage naturel.
	FOND OUVERT <ul style="list-style-type: none"> ● Réalisé en enterrant les tunnels circulaires (de 0,3 à 0,4 m) afin de s'adapter au plancher terrestre naturel (photo 18).
APPLICATION	<ul style="list-style-type: none"> ● La structure arquée peut être préassemblée et déposée ou assemblée sur place (photo 19). ● On installe un arc en tôle ondulée ou des dalles de béton latérales sur les assises (photo 15).
CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES	<ul style="list-style-type: none"> ● Des semelles sont nécessaires pour les tunnels arqués. ● Les tunnels enterrés peuvent être plus indiqués lorsque des assises hautes s'avèrent nécessaires.
CONSIDÉRATIONS LIÉES À L'ENTRETIEN	<ul style="list-style-type: none"> ● Les structures de plus grande taille permettent une meilleure accessibilité pour l'entretien tout en ayant des augmentations de coûts mineures par rapport au coût du projet routier. ● Le substrat naturel et les autres objets qui offrent un refuge doivent être conservés.
COÛT (comparaison relative avec les matériaux en 2014)	<ul style="list-style-type: none"> ● Les coûts par mètre varient entre 145,00 \$ CA pour une buse en tôle d'acier ondulée (TAO) (1,2 m) et 990,00 \$ CA pour un arc (élévation de 0,6 m; envergure de 1,22 m). ● Les coûts par mètre varient entre 500,00 \$ CA pour une buse en TAO (3,0 m) et 1 500,00 \$ CA pour un arc (élévation de 1,45 m; envergure de 2,99 m).

TUNNEL ARQUÉ OU CIRCULAIRE



Photo 14 Tunnel arqué permettant l'écoulement d'un cours d'eau naturel © D. Seburn



Photo 15. Ponceau arqué en aluminium sur des assises de métal © K. Williams



Photo 16. Un ponceau avec des fentes sur le dessus installé pour les crotales des bois dans l'Illinois, É.-U. © S. Ballard



Photo 17. Zoom avant sur un ponceau à toit ouvert sur une route pour les crotales des bois dans l'Illinois, É.-U. © S. Ballard



Photo 18. Ponceau circulaire en plastique enterré permettant un plancher terrestre plane en Suède © K. Gunson

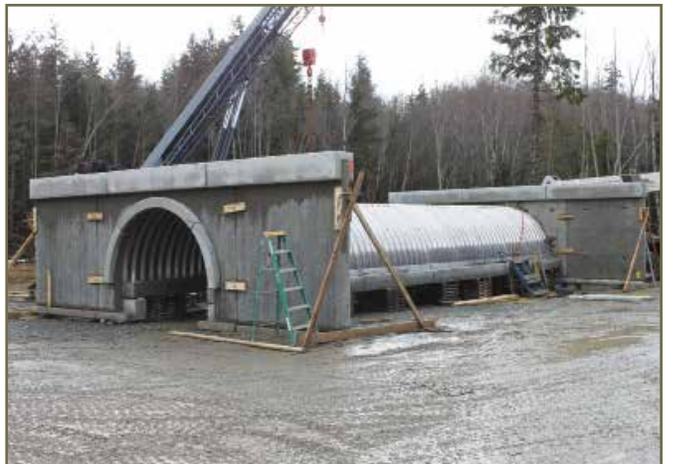


Photo 19. Ponceau arqué préassemblé hors site © K. Williams

PASSAGE INFÉRIEUR OU PASSAGE FAUNIQUE DE GRANDE TAILLE

- Les structures de passage pour espèces multiples d'une largeur supérieure à trois mètres comme les tunnels (photo 20) et les ponts, les viaducs ou les passages supérieurs (photo 21) qui ne sont généralement pas préfabriquées ou prémoulées.
- Une option pour préserver le paysage naturel si la route est parsemée de tunnels (p. ex. la promenade Herb-Grey à Windsor) ou surélevée (p. ex. un viaduc).
- À envisager lorsque la longueur du tunnel sera supérieure à 25 mètres.
- À intégrer comme une stratégie qui cible des espèces variées d'animaux de grande et de petite taille.

VARIATIONS STRUCTURELLES

PASSAGE INFÉRIEUR

- Les conceptions comprennent des structures de passage qui sont au-dessous du niveau du sol (p. ex. un tunnel, un pont à une travée ou à travées multiples, des arches et des viaducs).
- Un pont, des arches et des viaducs à travées multiples de plus grande taille permettent de préserver l'écosystème naturel et les propriétés physiques.
- Permet l'intégration de sentiers secs aux structures de passage qui surplombent un ruisseau ou une rivière.
- Deux structures qui s'ouvrent dans le terre-plein central permettent une plus grande ouverture (photo 22).

PASSAGE SUPÉRIEUR

- La conception inclut un tablier de pont qui s'étend au-dessus de la route.
- Nécessite une stratégie de plantation pour le paysage naturel et un système d'évacuation sur le dessus de la structure.
- L'inclinaison sur les bretelles d'approche devrait être réduite au minimum afin d'assurer la meilleure visibilité possible.
- La largeur du passage supérieur varie entre 20 mètres et > 70 mètres.

APPLICATION

- Les structures d'envergure sont plus susceptibles de fournir des objets sous lesquels se cacher comme des roches plates ou des monticules végétalisés composés de branches et de troncs et recouverts de gazon ou de tas de pierres (photos 23 et 24).
- Les améliorations qui peuvent être apportées à la conception pour les amphibiens et les reptiles sont notamment de petits étangs qui servent de pas japonais le long d'une structure ou sur toute sa longueur. Du substrat naturel ou artificiel peut être utilisé pour retenir l'eau dans l'étang ou pour créer une chute de pluie naturelle (Van der Grift et coll. 2003; figure 2).

PASSAGE INFÉRIEUR OU PASSAGE FAUNIQUE DE GRANDE TAILLE

APPLICATION	<ul style="list-style-type: none"> ● Pour ce qui est des structures multifonctionnelles, il faudrait séparer l'utilisation par les animaux sauvages et les humains ou atténuer l'utilisation par les humains. Par exemple, la promenade Rt. Hon. Herb Gray, qui mène au passage international entre l'Ontario et le Michigan, intègre une structure de passage pour la couleuvre à petite tête et la couleuvre fauve de l'Est dans un réseau de sentiers polyvalents afin de réduire au minimum les perturbations des utilisateurs des sentiers récréatifs. ● Des conceptions polyvalentes devraient être utilisées pour les clôtures. Par exemple, la clôture qui longe l'autoroute 69 allie une maille de ¼ pouce à une clôture de maille pour les grands animaux de 2,4 mètres de hauteur (photo 25).
CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES	<ul style="list-style-type: none"> ● Les tabliers des passages supérieurs peuvent intégrer des assises naturelles comme des falaises rocheuses (photo 26). ● Les mesures techniques et l'aménagement des routes détermineront les meilleures options pour le type de structure de passage d'envergure sur la route.
CONSIDÉRATIONS LIÉES À L'ENTRETIEN	<ul style="list-style-type: none"> ● Requiert des contrôles d'entretien pour l'établissement initial de la végétation sur les passages supérieurs; peut nécessiter une irrigation pour les mares et la végétation.
COÛT (comparaison relative des coûts en 2014)	<ul style="list-style-type: none"> ● Environ 7 800 \$ CA pour un ponceau rectangulaire en béton d'envergure (2,8 m sur 3,3 m, annexe E); varie entre 2 et 4 millions \$ CA pour l'installation, la conception et les matériaux d'un passage supérieur pour les animaux sauvages.



Photo 20. Ponceau rectangulaire en béton de 3,4 sur 2,4 m qui relie l'habitat de terres humides utilisé par les tortues sur l'autoroute 69. © K. Gunson

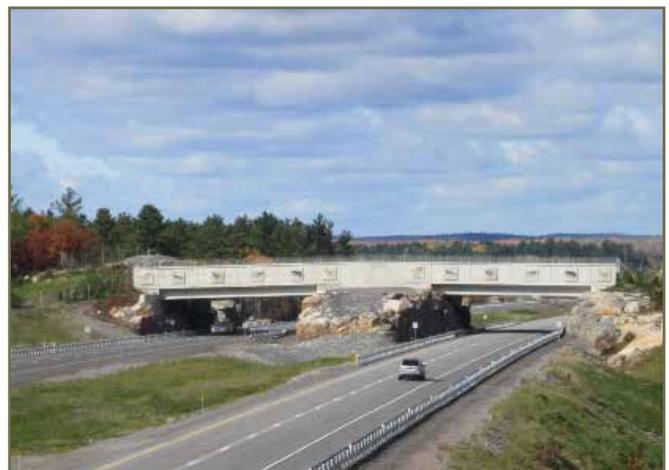


Photo 21. Passage supérieur de 30 m de largeur installé à proximité de Sudbury sur l'autoroute 69 © K. Gunson

PASSAGE INFÉRIEUR OU PASSAGE FAUNIQUE DE GRANDE TAILLE



Photo 22. Tunnel de 3,4 m sur 2,4 m sur l'autoroute 69 © K. Gunson



Photo 23. Tas de broussailles par-dessus un passage supérieur sur l'autoroute 69 © K. Gunson



Photo 24. Tas de pierres et de bois par-dessus un passage supérieur à Brandebourg, en Allemagne © K. Gunson



Photo 25. Clôture pour les petits animaux fixée à la base d'une clôture pour les grands animaux © K. Gunson



Photo 26. Passage supérieur pour la faune sur l'autoroute 69 qui révèle une base dans le roc. © K. Gunson.

PASSAGE INFÉRIEUR OU PASSAGE FAUNIQUE DE GRANDE TAILLE

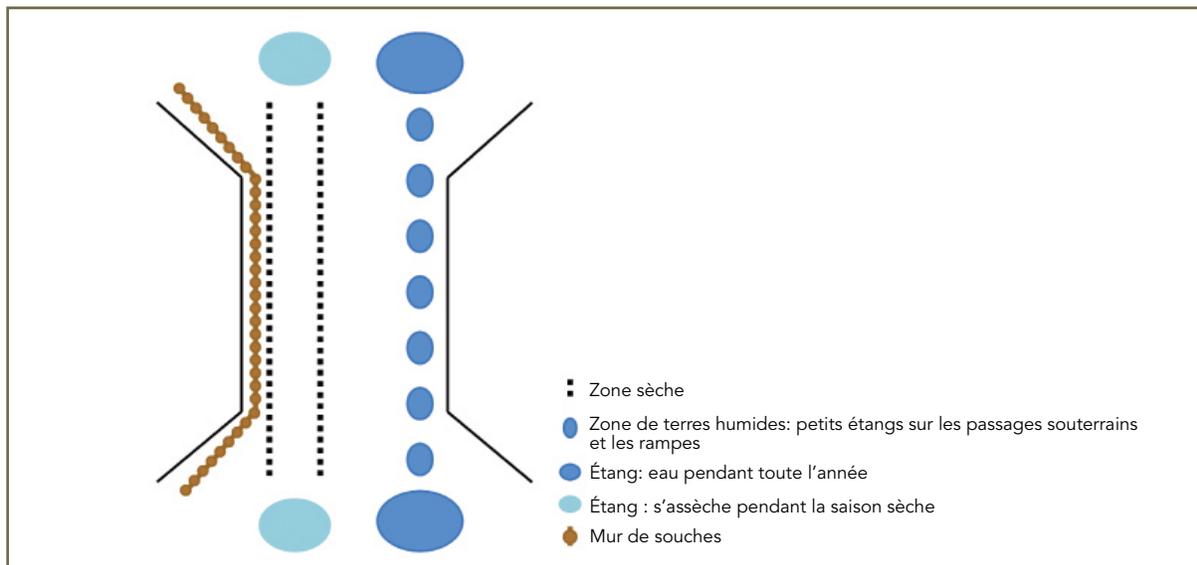


Figure 2 : Exemple d'une série de mares créées sur un côté d'un passage supérieur (50 m de longueur sur 65 m de largeur). Le passage pour les amphibiens était au moins 1,5 fois plus élevé à travers la zone de terres humides que dans la zone sèche (van der Grift et coll. 2009).

4.1.2 Conception des structures de passage

La conception de structures de passage efficaces doit tenir compte de l'écologie, du type de comportement et des habitudes de déplacement des amphibiens et des reptiles. Par exemple, les amphibiens et les reptiles ont plusieurs vulnérabilités physiologiques qui exigent des conditions de microclimat particulières lorsqu'ils se servent des tunnels pour traverser des routes (Andrews et coll. 2008). Leur peau très perméable et leur grande vulnérabilité aux pertes en eau nécessitent des conditions chaudes et humides dans les tunnels. Ces spécialisations en microclimat exigent que des modifications supplémentaires soient apportées à la conception (p. ex. le substrat naturel, les objets sous lesquels se cacher) à l'intérieur et à proximité des structures de passage. Les recommandations générales fondées sur la documentation et des opinions d'experts pour la conception d'un tunnel (de <3 m de largeur), afin d'en faciliter l'utilisation par les amphibiens et les reptiles, sont décrites ci-dessous :

Spécifications liées à la conception

- Référez-vous aux spécifications minimales pour la conception et aux types de tunnels résumés dans les recommandations relatives aux structures (voir la section 4.1.1) et aux taxons (voir la section 4.1.5) pour chaque groupe d'espèces; lorsque des ponceaux existants sont remplacés, augmentez la taille des tunnels au moins selon les spécifications minimales pour la conception et le type de tunnel.
- Les tunnels devraient être aussi ouverts que possible afin de porter au maximum la circulation de l'air et la lumière à l'intérieur. Cela peut se faire en concevant des tunnels avec de plus grandes ouvertures (généralement plus larges) à l'aide de deux structures reliées par une clôture en présence d'un terre-plein central (photo 22) ou avec un tunnel à toit ouvert ou partiellement ouvert (photos 2 et 7).
- Il a été démontré qu'un éclairage artificiel et ambiant à l'intérieur d'un ponceau encourage les tortues à se servir du tunnel (Yorks et coll. 2011) et les salamandres à y pénétrer (Jackson et coll. 2006).

- En règle générale, les tunnels de plus grandes dimensions sont plus efficaces pour les amphibiens et les reptiles. Par exemple, Smith (2003) a montré qu'en Floride, les amphibiens et les reptiles utilisaient les tunnels plus souvent lorsqu'ils faisaient au moins 1,5 mètre de largeur et 0,6 mètre de hauteur comparativement aux tunnels plus petits. Voir la section 4.1.5 pour obtenir des renseignements supplémentaires sur les dimensions des tunnels pour chaque groupe de taxons.
- En règle générale, la longueur de tunnel recommandée pour les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril est inférieure à 25 mètres. Plus le tunnel est long, moins les traversées réussies sont nombreuses (p. ex. Yorks et coll. 2011) et d'autres administrations donnent à entendre que les tunnels seraient moins efficaces lorsqu'ils font plus de 20 à 25 mètres de longueur (p. ex. la division des Opérations du ministère des Forêts, des Terres et des Ressources naturelles de la Colombie-Britannique en 2004).
- Dans les endroits où les tunnels feront plus que 25 mètres de longueur, envisagez les options suivantes :
 - Un passage inférieur (> 3 m) ou supérieur d'envergure
 - Une élévation ou une tunnellation de la route
 - L'utilisation de deux tunnels plus courts séparés sous chacune des voies de circulation en sens inverse avec des murs de tête; veillez à ce que les tunnels soient reliés à l'aide de clôtures adéquates dans le terre-plein central (photo 22).
- Sur les autoroutes à chaussées séparées, les structures de passage ne devraient jamais se terminer dans le terre-plein central (photo 27), à moins qu'ils ne soient reliés à d'autres structures à l'aide de clôtures.
- Incluez, si possible, des lanterneaux ou des orifices clôturés sur les terre-pleins et les accotements (photos 28 et 29).

Microhabitat et refuges :

- Tous les passages terrestres devraient avoir un substrat naturel qui est composé de terre, de sable, de branches et d'autres matériaux naturels sur le plancher du tunnel afin d'accroître l'utilisation de la structure (photos 13 et 35). L'utilisation de terre locale dans les structures de passage est largement recommandée pour les amphibiens (p. ex., Jackson 2003, Smith 2003, Schmidt et Zumbach 2008, Amphibian and Reptile Conservation 2009, Beasley 2013). Par exemple, les salamandres emprunteront des tunnels avec ou sans substrat naturel, mais peu d'entre elles traverseront des tunnels qui sont faits de béton nu (Patrick et coll. 2010). Éléments à considérer pour les substrats :
 - La terre devrait provenir de la région.
 - La terre qui contient de grosses roches devrait être évitée.
 - Des écrans de sédiments comme une plaque ouverte devraient être utilisés pour « tenir » le substrat naturel en place (photo 36).
- Les objets sous lesquels se cacher (roches plates et/ou débris ligneux) devraient être placés dans les tunnels de plus grande taille le long des parois afin d'offrir un abri et une porte de sortie contre les prédateurs. Ces objets qui offrent un refuge ne devraient pas bloquer les lignes de visibilité ou empêcher les individus de traverser entièrement le tunnel. Une quantité suffisante d'objets sous lesquels se cacher (un petit ou deux à trois de grandeur moyenne à tous les 10 m²) devraient être présents près des entrées de toutes les structures de passage terrestres afin d'offrir un refuge et une protection. Les objets qui offrent un refuge devraient être utilisés pour toutes les structures de passage afin d'encourager l'utilisation par des espèces multiples. Conservez le plus de végétation naturelle possible pendant les travaux de construction; d'autres plantations devraient se faire après les travaux de construction aux endroits nécessaires.

Autres considérations liées à la conception :

- Les tunnels terrestres devraient être le plus à niveau possible sur toute la longueur de la structure. L'exception à cette règle est que les tunnels à toit ouvert devraient être installés sur le point le plus élevé au milieu du tunnel afin de permettre l'écoulement de l'eau et le nettoyage naturel du tunnel.
- Le fond des entrées des tunnels devrait être au ras du sol afin que les animaux n'aient pas besoin de monter ou de descendre pour pénétrer dans la structure (photo 30).
- Dans tous les tunnels terrestres, l'eau devrait être déviée des entrées à l'aide de fossés de drainage ou d'une excavation en pente (photo 31).
- Si les ponceaux sont conçus pour l'évaluation de l'eau ou si les tunnels sont assez grands, un banc sec placé au-dessus de la ligne qui indique le niveau d'eau peut être intégré à l'intérieur du tunnel, auquel cas le banc doit donner accès à un sol sec



Photo 27. Tunnel de drainage rectangulaire laissé ouvert dans un terre-plein le long de l'autoroute 69 © K. Gunson



Photo 28. Lanterneau muni d'une grille ouverte dans le terre-plein central du prolongement de la promenade Terry-Fox, Ottawa, Ontario. © D. Seburn



Photo 29. Zoom avant sur un lanterneau dans le terre-plein central sur le prolongement de la promenade Terry-Fox, Ottawa, Ontario. © D. Seburn

aux deux entrées pour être efficace (photo 32).

- Lorsque les nouveaux alignements de routes diviseront des terres humides d'importance provinciale ainsi que l'habitat d'espèces en péril, songez à surélever ou à tunneller la route (p. ex. le projet d'atténuation des routes à la promenade Rt. Hon. Herb Gray pour la couleuvre à petite tête et la couleuvre fauve de l'Est).

- Lorsque des tunnels arqués sont utilisés à des passages qui surplombent une route ou un cours d'eau, des sentiers terrestres peuvent être aménagés le long du cours d'eau en utilisant des tunnels plus larges (photo 14). Cette conception peut mieux tenir compte des crues et des inondations saisonnières (Lesbarrères et Fahrig 2012).
- Pour composer avec les problèmes occasionnés par les espèces multiples et les conditions variables sur le site, un assortiment de types de structures et de tailles devrait être offert le long du site (voir la section 4.1). Une diversité structurelle peut contrebalancer les variations du paysage, comme l'évolution de l'utilisation des sols, et servir également de cadre expérimental pour mettre à l'essai les préférences des espèces à l'égard des passages (voir la section 7).
- Les structures de passage aquatiques ne devraient jamais être entièrement submergées (p. ex. Caverhill et. coll. 2011, photo 37).
- Dans les tunnels aquatiques, l'eau devrait être stagnante ou avoir un faible débit.
- De nombreuses structures de passage sont devenues inefficaces à cause d'un manque d'entretien (luell et coll. 2003). Un entretien régulier est nécessaire pour assurer l'efficacité à long terme de tous les tunnels et pour faire en sorte que le microhabitat demeure intact, que les passages soient exempts de débris et qu'une quantité adéquate de substrat soit conservée.



Photo 30. Terre excavée afin que l'entrée du tunnel soit au ras du sol. © D. Filip



Photo 31. Accumulation d'eau à l'entrée d'un tunnel. © K. Gunson



Photo 32. Banc sec dans tuyau de ponceau pour les petits animaux; il pourrait être modifié pour les serpents. © K. Foresman

CASE 1. OUVERTURE OU RATIO D'OUVERTURE

Le ratio d'ouverture a été conçu, dans un premier temps, par Reed et coll. (1979) comme une mesure du seuil pour comparer l'ouverture relative des ponceaux rectangulaires qui peuvent être utilisés par le cerf mulet (*Odocoileus hemionus*), compte tenu de sa préférence pour une ligne de site claire à travers une structure. Depuis, cette mesure a été extrapolée en dehors de son utilisation initiale et appliquée à différentes espèces et formes de structures; voir l'examen de l'application du ratio d'ouverture par rapport aux petits mammifères, aux cerfs, aux amphibiens et aux reptiles dans Gartner Lee et Ecoplans (2009). Le ratio est défini comme la superficie transversale d'une structure (mètres carrés) divisée par la longueur du tunnel (mètres) ($[(\text{élévation} \times \text{envergure}) / \text{longueur}]$). Le ratio d'ouverture vise à donner une mesure de l'effet de tunnel d'une structure qui peut en influencer l'utilisation par différentes espèces d'animaux sauvages.

L'utilisation du ratio d'ouverture comme mesure unique pour éclairer la conception de l'atténuation des routes devrait se faire avec prudence, en particulier pour les amphibiens et les reptiles, à cause des facteurs suivants :

- La définition transversale doit être modifiée afin de tenir compte de la forme.
- Le ratio d'ouverture ne tient pas compte de l'effet de la largeur d'une structure sur l'ouverture par rapport à son élévation et de son influence possible sur son utilisation par la faune (Jacobson 2007). Par exemple, une fois que la hauteur minimale a été atteinte, des structures plus larges que hautes peuvent être recommandées afin d'améliorer l'ouverture pour certains animaux sauvages, comme les tortues (Smith 2003) et les wapitis (Kintsch et Cramer 2011).
- L'efficacité du tunnel peut être améliorée autrement qu'en manipulant les dimensions structurelles en offrant une lumière, une couverture et un substrat naturels en prévoyant des dessus ouverts dans la conception du tunnel (Woltz et coll. 2008, Yorks et coll. 2012).
- Une fois que les animaux se sont familiarisés avec les nouvelles structures, l'ouverture peut devenir moins importante pour l'utilisation des tunnels qu'elle ne l'était lors des premiers contacts (Clevenger et coll. 2002).

4.1.3 Emplacement et espacement des structures de passage

Les espèces qui doivent se déplacer d'un habitat à l'autre sont aussi particulièrement vulnérables à la mortalité routière et à la fragmentation du paysage par les routes. Les espèces amphibiennes et reptiliennes doivent se déplacer entre les sites de reproduction, les aires d'alimentation, pendant la saison estivale, et les sites d'hivernage au cours de leurs saisons actives. Lorsque ces habitats ne sont pas adjacents, les animaux doivent parcourir plusieurs kilomètres pour trouver l'habitat dont ils ont besoin. Dans les secteurs où la densité des routes est élevée, ces déplacements

amèneront probablement les animaux à traverser des routes, ce qui aura pour effet d'augmenter leurs risques de mortalité routière (Gibbs et Shriver 2002, Beaudry et coll. 2008).

Une structure de passage efficace devrait fonctionner comme un corridor de déplacement qui relie l'habitat adéquat des deux côtés de la route. Les tunnels et les clôtures devraient être situés à la jonction des voies de déplacement des espèces en péril et des routes planifiées qui ont été déterminées à l'aide de levés sur le terrain et d'analyses spatiales (voir des exemples dans Gunson et coll. 2012, Patrick et coll. 2012).

Les exemples de déplacements prévisibles incluent la migration printanière annuelle des amphibiens de la forêt dans les hautes terres vers les étangs de reproduction (Patrick et coll. 2010, Faggyas et Puky 2012, Pagnucco et coll. 2012) ou la migration annuelle des serpents à destination et en provenance du gîte d'hivernage (p. ex. Fortney et coll. 2012). Les tortues sont susceptibles d'interagir avec les routes pendant les migrations terrestres en vue de la nidification et au cours des déplacements entre les terres humides (Gunson et coll. 2012).

Les amphibiens et les reptiles ont des besoins particuliers liés aux microhabitats, des domaines vitaux plus petits et des capacités de déplacement limitées par rapport aux animaux sauvages de plus grande taille (Jochimsen et coll. 2004). Les considérations qui sont décrites ci-dessous visent à aider à déterminer l'emplacement optimal ainsi que le nombre de structures de passage dans le cadre d'un projet d'aménagement ou de réfection des routes :

- En règle générale, les structures de passage devraient être envisagées quand la route divise l'habitat qui est utilisé par les espèces cibles (photo 33) et lorsque la route est située entre l'habitat saisonnier utilisé par une espèce (p. ex. un habitat dans des terres humides et sur des terres hautes boisées pour la salamandre de Jefferson) ou quand la route divise un corridor de déplacement (p. ex. un sentier riverain, des haies-clôtures ou une vallée). L'annexe A contient un résumé général des distances des déplacements, des domaines vitaux et de l'utilisation des habitats par chaque espèce, mais des renseignements plus détaillés propres aux espèces devraient être utilisés pour éclairer les plans d'atténuation.
- Lorsque les routes divisent des superficies importantes d'habitat continu (p. ex. une forêt), les structures de passage devraient généralement être situées à 300 m de distance pour les petits animaux en fonction de l'espèce, du budget et des considérations techniques et écologiques

propres aux sites (Carsignol 2005). Cette règle s'applique généralement à la plupart des tortues et des serpents, mais Schmidt et Zumbach (2008) recommandent de ne pas laisser un espace de plus 50 mètres entre les tunnels pour les amphibiens.

- Les espèces dont le domaine vital est plus petit ont habituellement besoin que les structures de passage soient plus rapprochées; le nombre de structures de passage dépendra de la longueur de la route où les animaux ont des interactions (préférentiellement mesurée à l'aide de données sur les contacts avec la route; voir la section 7.2.1). La distance approximative entre les structures de passage peut être déterminée en s'appuyant sur la taille moyenne du domaine vital de l'espèce en question. Une autre méthode similaire consiste à utiliser le pied carré de la superficie du domaine vital (Bissonette et Adair 2008).
- Les éléments anthropiques (p. ex. les fossés, les murs de soutènement) dans l'emprise peuvent avoir une influence sur les déplacements des espèces ainsi que sur l'accès aux structures de passage (Gartner Lee et Ecoplans 2009).
- Les emplacements probables pour les espèces de tortues et d'amphibiens en péril sont à l'intersection entre les éléments aquatiques et les terres humides avec les routes (photo 34).
- Des renseignements hydrauliques et techniques devraient être utilisés pour déterminer la quantité et le débit d'eau à travers le tunnel et pour déterminer s'ils sont adéquats pour l'espèce cible. Consultez les MPG propres aux taxons pour les types de passages aquatiques et terrestres dans la section 4.1.5, en plus des conditions propres aux sites mesurées sur le terrain.

- L'alignement vertical et l'emplacement du tunnel devraient s'appuyer sur les conditions ambiantes sur le site, comme le niveau d'eau. Par exemple, les tunnels terrestres devraient être au-dessus des lignes qui indiquent les niveaux d'eau définis par les terres humides et les corridors riverains.



Photo 33. Une route qui divise des terres humides en eau libre, rue Victoria, Whitby, Ontario. © K. Gunson.

- Amalgamez les structures de passage dans le paysage naturel. Par exemple, profitez des vallées pour faire des passages sous les routes et intégrez les clôtures aux éléments du paysage naturel, comme les parois rocheuses escarpées existantes.



Photo 34. La jonction entre l'évacuation de l'eau et la route serait l'emplacement vraisemblable où aménager un tunnel pour les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril. © K. Gunson.



Photo 35. Une tortue qui emprunte un tunnel muni d'une grille ouverte avec un substrat naturel dans le fond. © A. Mui



Photo 36. Une structure qui sert de tunnel avec des écrans de sédiments dans le fond. © B. Steinberg

4.1.4 Réhabilitation des tuyaux de ponceaux existants

Les ponceaux sont traditionnellement utilisés pour transporter l'eau sous les routes et ces structures ont également été empruntées par certaines espèces amphibiennes et reptiliennes (p. ex. Caverhill et coll. 2011). Les projets d'aménagement et de réfection des routes sont une occasion pour réhabiliter ou améliorer les tuyaux de ponceaux existants afin d'en faciliter l'utilisation par les amphibiens et les reptiles. Lorsque vous remplacez un ponceau, songez à mettre en place un système de tunnels et de clôtures avec des spécifications pour les espèces cibles (voir la section 4.1.5). Dans certains cas, les tuyaux de ponceaux existants peuvent déjà avoir été positionnés et conçus correctement pour être utilisés par les espèces cibles et ne nécessiter que des garde-fous pour faciliter l'utilisation du passage et réduire ainsi la mortalité routière (Caverhill et coll. 2011). Une évaluation officielle des écoducs pour les espèces visées est recommandée (Kintsch et Cramer 2011, Office de protection de la nature du lac Ontario Centre 2015).



Photo 37. Ce grand tuyau de ponceau de 1,8 m partiellement rempli d'eau stagnante laisse entrer la lumière dans le tunnel, autoroute 24, Aurora, Ontario. © K. Gunson

4.1.5 Recommandations propres aux taxons

En plus des considérations générales liées à la conception pour les reptiles et les amphibiens qui sont décrites à la section 4.1.2, les recommandations qui suivent sont propres à chaque groupe de taxons. Les sections suivantes portent principalement sur les espèces en péril qui sont menacées et en voie de disparition dans chaque groupe de taxons, mais les renseignements touchent généralement toutes les autres espèces de reptiles et d'amphibiens en Ontario. En règle générale, ces recommandations supposent que plus les tunnels sont longs, plus il est important d'en augmenter la largeur plutôt que la hauteur (voir la Case 1).

La section sur les salamandres traite uniquement de la salamandre de Jefferson. La salamandre de Jefferson est la seule espèce de salamandre en péril qui est susceptible d'être touchée par l'aménagement des routes en Ontario. Dans cette province, la salamandre à nez court et les deux salamandres sombres ont des répartitions extrêmement petites (seulement entre quelques sites isolés) et il est peu probable qu'elles soient perturbées par la construction routière. Comme le crapaud de Fowler est la seule espèce de grenouille ou de crapaud en voie de disparition ou menacée en Ontario jusqu'à présent, les renseignements contenus dans cette section portent spécifiquement sur cette espèce.

SPÉCIFICATIONS POUR LES TORTUES

Type de structure et taille minimale selon la longueur du tunnel

Longueur du tunnel	Tunnel rectangulaire (larg. x haut.)	Tunnel arqué (larg. x haut.)	Tunnel circulaire (diamètre)	Passage supérieur
15 m	1,5 x 1,0 m	1,8 x 0,9 m	1,5 m	N.D.
15 à 25 m	1,8 x 1,0 m	2,0 x 1,0 m	1,8 m	N.D.
> 25 m	N.D.	N.D.	N.D.	Oui

AUTRES CONSIDÉRATIONS LIÉES À LA CONCEPTION

- Les structures terrestres et aquatiques conviennent à la plupart des espèces de tortues; les structures de passage terrestres ne conviennent pas à la tortue musquée ou à la tortue molle à épines, qui sont très aquatiques et qui se déplacent rarement dans des zones terrestres.
- Des tunnels à toit ouvert et fermé ont été utilisés par les tortues; les tunnels à toit ouvert peuvent augmenter les traversées réussies.

JUSTIFICATION

- Les tortues ont utilisé différentes structures de passage sous les routes (p. ex. Dodd et coll. 2004, Aresco 2005, Caverhill et coll. 2011).
- Plusieurs études ont montré une utilisation relativement élevée des structures de passage de grande taille (>1,5 m de largeur) par les tortues :
 - Un tuyau de ponceau de 1,8 mètre de diamètre en Ontario qui était approximativement à moitié rempli d'eau (Caverhill et coll. 2011) a été utilisé régulièrement par des tortues mouchetées et emprunté par une quantité inconnue de tortues serpentes.
 - On a confirmé qu'une multitude de tortues mouchetées ont traversé un tunnel de 1,8 sur 1,8 mètre (Kaye et coll. 2005)
 - Aresco (2005) a documenté plus de 200 traversées de tortues dans un tuyau de ponceau de 3,5 mètres de diamètre.
 - Les tortues des bois ont continué de passer par un ruisseau qui s'écoulait à travers un ponceau de trois mètres de diamètre et de 26 mètres de longueur (Parren 2013).
- Dans une expérience simulée, les tortues étaient plus nombreuses à passer à travers un tunnel qui laissait entrer au moins 75 % de lumière ambiante par le toit (Yorks et coll. 2011).
- Les tortues vont traverser des tunnels de 25 mètres de longueur (Caverhill et coll. 2011), même si les traversées réussies peuvent diminuer à mesure que la longueur augmente (Yorks et coll. 2011).
- Les tortues ont emprunté des tunnels à toit fermé (p. ex. Dodd et coll. 2004, Aresco 2005, Kaye et coll. 2005, Caverhill et coll. 2011) tandis que les tortues des bois (photo 54) et les tortues serpentes (Whitelock 2014) ont traversé des tunnels à toit ouvert en Ontario.

SPÉCIFICATIONS POUR LES TORTUES

JUSTIFICATION

- Dans les tunnels terrestres, le type de substrat peut ne pas être aussi important pour les tortues qu'il ne l'est pour d'autres taxons. On a documenté des tortues mouchetées et des tortues ponctuées qui ont traversé des tunnels avec des substrats naturels (p. ex. Kaye et coll. 2005, Caverhill et coll. 2011), mais dans une expérience simulée, les tortues peintes et les tortues serpentes n'ont pas manifesté une préférence pour les substrats (Woltz et coll. 2008).



Photo 54. Une tortue des bois qui emprunte un tunnel muni d'une grille ouverte © A. Mui

SPÉCIFICATIONS POUR LES SERPENTS ET LES LÉZARDS

Type de structure et taille minimale selon la longueur du tunnel

Longueur du tunnel	Tunnel rectangulaire (larg. x haut.)	Tunnel arqué ou circulaire (larg. x haut.)	Tunnel circulaire (diamètre)	Passage supérieur
15 m	1,0 x 1,0 m	1,5 x 0,75 m	1,0 m	N.D.
15 à 25 m	1,5 x 1,0 m	1,8 x 0,9 m	1,5 m	N.D.
> 25 m	N.D.	N.D.	N.D.	Oui

AUTRES CONSIDÉRATIONS LIÉES À LA CONCEPTION

- Des tunnels à toit ouvert et fermé ont été empruntés par des serpents; les tunnels à toit ouvert peuvent augmenter les traversées réussies.
- Les tunnels à toit ouvert ne devraient pas être utilisés pour les lézards, qui pourraient être en mesure de ramper jusqu'à la surface de la route.
- Les tunnels aquatiques seront vraisemblablement utilisés par des espèces en péril très aquatiques, comme la couleuvre mince, la couleuvre royale et la couleuvre d'eau du lac Érié, mais il est peu probable qu'ils soient utilisés par d'autres espèces de serpents et de lézards en péril et ils ne sont pas recommandés pour ces espèces.

JUSTIFICATIF

- Les serpents (p. ex. Taylor et Goldingay 2003, Laidig et Golden 2004, Roberts 2010, Eads 2013) et les lézards (p. ex. Taylor et Goldingay 2003, Painter et Ingraldi 2007, Arizona Game and Fish 2010) ont emprunté différentes structures de passage sous des routes. Cela dit, si on les compare à d'autres taxons, la certitude est moins grande lorsqu'il s'agit des préférences à l'égard de la conception des structures de passage pour les serpents et les lézards, en particulier des espèces qui sont présentes en Ontario.
- Les serpents ont traversé des tunnels qui ont un diamètre d'à peine 0,25 centimètre (Roberts 2010), mais dans un contexte expérimental, la couleuvre rayée et la couleuvre mince ont traversé avec plus de succès des tunnels qui avaient un diamètre de 1,0 mètre que des tunnels plus petits (Eads 2013).
- Les structures de passage à toit fermé (Taylor et Goldingay 2003, Laidig et Golden 2004, Roberts 2010, Eads 2013) comme les structures de passage à toit ouvert (Pagnucco et coll. 2011, M. Colley, comm. pers.) ont été utilisées par les serpents.
- Des tunnels rectangulaires à toit ouvert avec des dimensions transversales de 1,0 sur 1,0 mètre dans le parc provincial Killbear ont été utilisés par de nombreux (11) massassugas ainsi que par deux couleuvres fauves de l'Est en 2014 (M. Colley, comm. pers.).
- Des crotales des bois ont traversé des structures avec un fond en béton sans substrat (Laidig et Golden 2004), mais les substrats naturels ou les conditions d'habitat naturelles peuvent améliorer l'utilisation (Laidig et Golden 2004; M. Colley, comm. pers.).

SPÉCIFICATIONS POUR LES SALAMANDRES

Type de structure et taille minimale selon la longueur du tunnel

Longueur du tunnel	Tunnel rectangulaire (larg. x haut.)	Tunnel arqué (larg. x haut.)	Tunnel circulaire (diamètre)	Passage supérieur
15 m	1,0 x 1,0 m	1,5 x 0,75 m	1,0 m	N.D.
15 à 25 m	1,5 x 1,0 m	1,8 x 0,9 m	1,5 m	N.D.
> 25 m	N.D.	N.D.	N.D.	Oui

AUTRES CONSIDÉRATIONS LIÉES À LA CONCEPTION

- Des tunnels terrestres devraient être utilisés pour les salamandres; le contenu élevé en humidité et même les petites flaques d'eau stagnante peuvent être bénéfiques, mais le tunnel ne devrait pas être inondé d'eau.
- Les tunnels à toit ouvert ou fermé peuvent être efficaces. Les tunnels à toit ouvert laissent entrer plus de lumière et peuvent faire augmenter les taux d'humidité, qui sont importants dans les tunnels plus longs où les salamandres sont vulnérables à la dessiccation. Par conséquent, les tunnels à toit ouvert peuvent offrir des conditions propices pour les salamandres même quand les dimensions sont inférieures à celles qui sont énumérées ci-dessus.
- Malgré les avantages potentiels des tunnels à toit ouvert, ces derniers peuvent engendrer des taux plus élevés de sel de voirie et d'autres polluants, qui peuvent toutefois être emportés par des événements pluvio-hydrologiques.
- Des substrats composés de terre et de couches de feuilles mortes devraient être utilisés plutôt que des substrats formés de gravier ou pierres de plus grande taille.
- Comme les salamandres fousseuses font des migrations ciblées vers des étangs de reproduction, il est important d'avoir plusieurs tunnels aux jonctions entre les voies de migration et les routes. Les tunnels pour les salamandres ne devraient pas être situés à plus de 50 mètres de distance (Schmidt et Zumbach 2008), car elles ne suivront pas une clôture sur de longues distances (p. ex. Pagnucco et coll. 2012).

JUSTIFICATIF

- On ne connaît pas la taille de tunnel idéale pour encourager les salamandres de Jefferson à traverser, bien que des études aient été réalisées sur les structures de passage utilisées par d'autres salamandres de la même famille (salamandres fousseuses) qui ont des caractéristiques similaires en matière de cycle de vie.
- Toutes les utilisations des tunnels par les salamandres documentées ont eu lieu dans des tunnels terrestres.
- Les tunnels à toit fermé (Patrick et coll. 2010, Beasley 2013, Bain 2014) comme les tunnels à toit ouvert (Jackson et Tynning 1989, Allaback et Laabs 2002, Pagnucco et coll. 2012) ont été empruntés par d'autres salamandres fousseuses.
- Les ponceaux rectangulaires avec un sol humide sont recommandés pour les amphibiens (voir Jackson 2003, Smith 2003, Schmidt et Zumbach 2008, Amphibian and Reptile Conservation 2009, Beasley 2013).

SPÉCIFICATIONS POUR LES SALAMANDRES

JUSTIFICATIF

- D'autres salamandres fouisseuses ont traversé des tunnels circulaires qui faisaient à peine 0,25 mètre de diamètre (Bain 2014) et 0,2 mètre de largeur, mais les salamandres hésitent à entrer dans les petits tunnels (Jackson 1996) et le pourcentage de salamandres qui réussissent à traverser les petits tunnels risque d'être faible (p. ex. Allaback et Laabs 2002, Pagnucco et coll. 2012). Des tunnels plus grands sont nécessaires pour s'assurer qu'il y ait suffisamment d'espace pour le substrat naturel et les objets qui offrent un refuge. En règle générale, les tunnels pour les amphibiens devraient faire au moins un mètre sur un mètre (Schmidt et Zumbach 2008).
- Les salamandres vont traverser les tunnels avec ou sans substrat naturel, mais les individus sont moins nombreux à traverser des tunnels qui sont faits de béton nu (Patrick et coll. 2010). Le substrat naturel composé de terre va retenir l'humidité plus longtemps et diminuer le risque que les salamandres se déshydratent ou qu'elles ne pénètrent pas dans les structures.

SPÉCIFICATIONS POUR LES GRENOUILLES ET LES CRAPAUDS

Type de structure et taille minimale selon la longueur du tunnel

Longueur du tunnel	Tunnel rectangulaire (larg. x haut.)	Tunnel arqué (larg. x haut.)	Tunnel circulaire (diamètre)	Passage supérieur
15 m	1,0 x 1,0 m	1,5 x 0,75 m	1,0 m	N.D.
15 à 25 m	1,5 x 1,0 m	1,8 x 0,9 m	1,5 m	N.D.
> 25 m	N.D.	N.D.	N.D.	Oui

AUTRES CONSIDÉRATIONS LIÉES À LA CONCEPTION

- Des tunnels terrestres devraient être utilisés pour les grenouilles et les crapauds; une haute teneur en humidité et même de petites flaques d'eau stagnante peuvent être bénéfiques, mais le tunnel ne devrait pas être inondé d'eau.
- Des tunnels à toit ouvert ou fermé peuvent être utilisés.
- Les tunnels à toit ouvert créeront de l'humidité et une circulation d'air dans le tunnel; du sel de voirie ou d'autres polluants peuvent toutefois y pénétrer, mais ils seront probablement emportés par des événements pluvio-hydrologiques.
- Des substrats composés de terre et de couches de feuilles mortes devraient être utilisés plutôt que des substrats constitués de gravier ou de pierres de plus grande taille.

JUSTIFICATIF

- Il n'y a pas de renseignements documentés sur les préférences du crapaud de Fowler à l'égard des structures de passage, mais il existe une littérature sur d'autres espèces de crapauds et d'amphibiens. Les grenouilles et les crapauds ont emprunté une grande variété de structures de passage sous les routes (examiné dans Schmidt et Zumbach 2008; Puky et coll. 2013).

SPÉCIFICATIONS POUR LES GRENOUILLES ET LES CRAPAUDS

JUSTIFICATIF

- Des surfaces larges avec de la terre locale sont recommandées pour les amphibiens (p. ex. Jackson 2003, Smith 2003, Schmidt et Zumbach 2008, Amphibian and Reptile Conservation 2009, Beasley 2013).
- Bien que l'utilisation, par des crapauds, de tunnels de <1,0 mètre de largeur soit documentée (p. ex. Lesbarrères et coll. 2004, Ottburg et van der Grift 2013, Puky et coll. 2013, Wind 2014), les tunnels plus grands ont tendance à être plus efficaces (p. ex. Puky et coll. 2013). Les taux de passage des crapauds à travers des tunnels de 1,8 mètre de largeur étaient très élevés (Biolinx [2013]).
- Des lignes directrices relatives aux passages à niveau en Angleterre ont été élaborées pour le crapaud commun (*Bufo bufo*). Dans ces lignes directrices, on recommande une structure de passage rectangulaire d'au moins 1,0 sur 0,75 mètre (larg. x haut.) pour les tunnels qui font jusqu'à 20 mètres de longueur et de 1,5 sur 1,0 mètre (larg. x haut.) pour les tunnels plus longs (Amphibian and Reptile Conservation 2009).
- Les structures de passage à toit fermé (Biolinx 2013, Puky et coll. 2013, Wind 2014) comme les structures de passage à toit ouvert (Pagnucco et coll. 2012, Ottburg et van der Grift 2013) ont été empruntées avec succès par d'autres crapauds.

4.2 Clôture des structures de passage destinées aux reptiles et aux amphibiens

Les clôtures jumelées à des structures de passage ont deux fonctions : 1) guider les animaux vers les entrées des structures et 2) créer une barrière pour les empêcher d'aller sur la route. Des clôtures peuvent être utilisées avec des structures de passage ou seules pour prévenir la mortalité sur les routes lorsque la connectivité ne pose pas de problème; cela peut inclure des situations où un habitat convenable est adjacent à la route, sans être divisé par elle, ou dans des situations où les animaux sont peu susceptibles de traverser avec succès en raison d'un débit de circulation élevé (Jackson et coll. 2015).

Les MPG suivantes sont divisées entre les considérations liées à la conception, à l'emplacement et à l'entretien des clôtures et elles s'appliquent à toutes les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril. Pour obtenir d'autres pratiques exemplaires avec les clôtures d'exclusion pour les amphibiens et les reptiles, consultez le document *Reptile and*

Amphibian Exclusion Fencing: Best Practices de 2013 du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (disponible en anglais seulement).

4.2.1 Conception des clôtures

La conception d'une clôture a pour objectif principal de réduire au minimum les intrusions, car les animaux qui traversent une clôture peuvent être pris au piège et tués sur la route (p. ex. Wilson et Topham 2009). Ces MPG se concentrent donc à fournir des recommandations pour concevoir et installer une clôture permanente qui ne laisse pas d'espaces. Les clôtures permanentes peuvent être plus onéreuses à prime abord, mais si l'on prend en considération l'entretien continu des clôtures temporaires, elles reviennent moins cher à la longue. Des expériences ont été réalisées, dans le cadre d'un certain nombre de projets, afin de déterminer l'efficacité des clôtures pour les amphibiens et les reptiles (p. ex. Woltz et coll. 2008, Iangen 2011; Smith et Noss 2011) et il est important de reconnaître que les nouveaux modèles économiques sont continuellement soumis à des mises au point et à des essais et qu'ils sont fortement encouragés.

La conception des clôtures devrait comporter un cadre solide et durable (piquets, poteaux et revêtement) qui peut résister au poids et à l'impact de l'enlèvement de la neige et exclure efficacement les espèces cibles. Les matériaux pour clôtures durables recommandés sont notamment un grillage métallique, une clôture à mailles en losange, des murets californiens ainsi que des clôtures en plastique résistant conçues pour la faune (tableau 2; photos 38 à 44). Une clôture en géotextile léger (qui peut durer jusqu'à un an; photo 45), une clôture en géotextile robuste (deux à trois ans) ou des barrières à neige en lattes de bois (< trois ans) ne sont pas recommandées pour une utilisation à long terme.

Les clôtures à mailles en losanges courantes pour les grands animaux (p. ex. des clôtures d'exclusion de la faune de 2,5 mètres de hauteur avec une maille de quatre pouces) ne sont pas efficaces pour plusieurs amphibiens et reptiles, car les individus peuvent passer à travers les orifices des grandes mailles. Dans les endroits qui nécessitent des garde-fous ou des clôtures qui servent de barrières pour les grands animaux ainsi que pour les amphibiens et les reptiles, d'autres matériaux pour clôtures, comme un grillage métallique de la bonne hauteur, peuvent être fixés à la base des clôtures pour les grands animaux (photo 25). Lorsque plus d'une espèce est visée pour l'atténuation, la hauteur des clôtures devrait atteindre le maximum recommandé pour toutes les espèces cibles.

Tableau 2 : Résumé des matériaux pour clôtures qui ont été utilisés pour des projets à long terme afin d'exclure les amphibiens et les reptiles de la route et/ou de guider les animaux vers les tunnels. Pour d'autres spécifications liées aux clôtures, veuillez consulter le document de 2013 du ministère des Richesses naturelles.

Type de clôture	Avantages	Inconvénients	Considérations
Grillage métallique (photos 38 et 39)	Relativement durable; faible entretien; permet l'écoulement; offert en rouleaux.	Susceptible de rouiller dans les zones humides selon la saison, à moins d'utiliser un fil de gros calibre.	Utilisez un calibre de ¼ po ou moins pour réduire le risque que les petits serpents restent coincés; doit être attaché à un poteau à des intervalles réguliers afin d'éviter un effondrement.
Clôture à mailles en losange (photo 40)	Très durable; faible entretien; permet l'écoulement; offerte en rouleaux.	La taille des mailles est généralement plus grande que dans les spécifications pour les espèces.	Utilisez un grillage métallique avec le maillage recommandé enterré à la base de la clôture afin qu'elle puisse servir pour les petits et les grands animaux d'espèces variées (photo 25); un prolongement du rebord peut accroître l'efficacité pour certaines espèces (photos 39 et 40).

Type de clôture	Avantages	Inconvénients	Considérations
Un revêtement en béton (photo 41), en tôle ondulée (photo 43), en aluminium (photo 44) ou des parois en vinyle	Très durable; faible entretien; les surfaces verticales lisses empêchent les animaux de grimper.	Empêche l'écoulement et peut provoquer la formation de mares.	Le revêtement en aluminium et les parois en vinyle sont moins durables que le béton; on peut obtenir de la tôle ondulée en coupant des tuyaux en tôle ondulée en deux et en les recourbant afin de prolonger le rebord.
Clôture préfabriquée avec un revêtement en plastique (photo 42)	Il y a des modèles très durables, p. ex. les clôtures ACO offertes en sections d'un mètre ou les clôtures Animex offertes en rouleaux selon l'épaisseur.	Empêche l'écoulement et peut provoquer la formation de mares.	Remblayage de la clôture du côté de la route afin de créer une porte de sortie pour les animaux (photo 49); la clôture la mieux adaptée pour un sol de terre plane comme dans un fossé de drainage (photo 42); les sections d'un mètre peuvent ne pas convenir pour les clôtures de plus d'un kilomètre de longueur.



Photo 38. Revêtement en plastique Animex composé de produits recyclés après consommation. ©K. Gunson



Photo 39. Grillage métallique avec une maille de ¼ pouce, charpente en bois et bordure supérieure. © K.Gunson



Photo 40. Garde-fou à mailles en losange et prolongement du rebord, prolongement de la promenade Terry-Fox, Ottawa, Ontario. © D. Seburn.



Photo 41. Muret de béton à Aurora, Ontario. © K. Gunson



Photo 42. Clôture ACO sur l'autoroute à proximité d'Oliver, C.-B. © R. Guse



Photo 43. Clôture en coude pour les salamandres au parc national des Lacs-Waterton. © K. Gunson



Photo 44. Exemple de clôture en tôle d'aluminium © K. Gunson



Photo 45. Extrémité de la clôture en U afin de dissuader les animaux qui longent la clôture d'aller sur la chaussée dans le comté de Haliburton © K. Gunson

Considérations générales pour la conception des clôtures (voir les autres illustrations dans la figure 4) :

- Les poteaux en acier ne seront pas brisés par le chargement de la neige.
- Les poteaux qui sont plus rapprochés (p. ex. entre deux ou trois mètres de distance) empêcheront la clôture de s'affaisser et de s'effondrer pendant des phénomènes météorologiques violents.
- Les piquets ou les poteaux devraient être placés du côté de la route afin de dissuader les animaux de grimper et être enfoncés dans le sol à une profondeur de 30 centimètres (MRNO 2013).
- Utilisez des matériaux qui permettent l'écoulement dans les sites humides afin d'éviter la formation de mares devant ou à proximité d'une structure de passage (Smith et Noss 2011; photo 46).
- La taille de la maille doit être adéquate pour les espèces cibles (photo 47). Consultez le tableau 3 sur les types de clôtures propres aux espèces. De nombreux serpents peuvent passer à travers une clôture avec des mailles de ½ pouce et certains serpents plus petits peuvent même passer à travers une maille de ¼ pouce ou y rester coincés (Smith et Noss 2011, S. Marks, comm. pers. 2014). Une maille de ¼ pouce ou moins devrait être utilisée pour aider à diminuer le risque que les petits serpents restent coincés dans la clôture (photo 47). La clôture devrait être enfoncée afin de dissuader les animaux de creuser; la profondeur recommandée varie entre 10 et 20 centimètres, si possible. Si le roc ne peut pas être évité, le fond de la clôture peut être plié et recouvert de gravier afin de le tenir en place (photo 48).
- La clôture devrait être plus haute que le niveau élevé des eaux au printemps.
- Pour les reptiles, la clôture devrait comporter un rebord incliné qui se prolonge à l'écart de la route afin de dissuader les animaux de grimper (photo 40).
- Un remblayage le long de la clôture du côté de la route peut servir de rampes de fuite pour aider les animaux piégés à grimper jusqu'au côté sécuritaire (p. ex. la clôture pour animaux sauvages ACO; photo 49).

- Une clôture en mailles de nylon ou des matériaux sensibles à l'érosion ne devraient pas être utilisés le long de l'emprise, car les serpents peuvent s'y emmêler et mourir dans ce matériau.
- Des traitements pour les extrémités des clôtures peuvent être utilisés afin de dissuader les amphibiens et les reptiles d'accéder à la route à partir de ces extrémités :
 - La clôture peut être prolongée à l'écart de la route en forme de coude ou de U à 90 degrés (photo 45; figure 3) afin d'éloigner les animaux de la route.
 - La clôture devrait se prolonger tout le long de l'habitat et se terminer à un point de transition entre les types d'habitats (p. ex. entre des terres humides et la lisière de la forêt).
 - Des roches ou d'autres matériaux inhospitaliers à l'extrémité de la clôture peuvent dissuader les déplacements sur la route.



Photo 46. Une accumulation d'eau à l'entrée d'un ponceau qui devrait être évitée aux tunnels terrestres destinés à la faune. © K. Gunson



Photo 47. Serpent coincé dans une maille métallique de ½ pouce. © M. Patrikeev



Photo 48. Une clôture le long du roc avec du gravier pour tenir la base de la clôture en place. © K. Gunson



Photo 49. Un remblayage le long d'une clôture ACO pour la faune qui peut servir de rampe de fuite pour les animaux qui sont du côté de la route. © V. D'elia

Tableau 3. Spécifications pour la conception des clôtures destinées aux espèces reptiliennes et amphibiennes en péril selon le document du MRNO de 2013, Woltz et coll. 2008 et conseils éclairés

Groupe taxonomique	Espèce	Clôture	
		Matériaux pour la clôture ou le mur	Hauteur minimale (au-dessus du sol)
Salamandres, grenouilles, crapauds	Salamandre de Jefferson	<ul style="list-style-type: none"> ● Grillage métallique avec une maille de ¼ po ou moins, clôture en béton, en aluminium ou en plastique préfabriqué ou mur en vinyle. ● Comme les salamandres ont généralement de la difficulté à grimper (T. Bain, comm. pers.), une clôture à petites mailles fera l'affaire, en plus de permettre un écoulement. 	30 cm
	Crapaud de Fowler	<ul style="list-style-type: none"> ● Un matériau robuste et permanent (p. ex. du ciment, des panneaux en plastique) ou un grillage métallique avec une maille de ¼ po ou moins. ● Évitez d'utiliser des clôtures en filet, car il peut grimper (Smith et Noss 2011). 	50 cm

Groupe taxonomique	Espèce	Clôture	
		Matériaux pour la clôture ou le mur	Hauteur minimale (au-dessus du sol)
Lézards	Scinque pentaligne	<ul style="list-style-type: none"> ● Un solin en aluminium; les scinques peuvent facilement grimper sur la plupart des autres matériaux pour clôtures. 	50 cm
Serpents	Couleuvre fauve de l'Est, couleuvre obscure	<ul style="list-style-type: none"> ● Mur de béton, d'aluminium ou de vinyle 	200 cm
	Couleuvre agile bleue, couleuvre tachetée	<ul style="list-style-type: none"> ● Grillage métallique (maille de ¼ po ou moins), murs de béton, d'aluminium ou de vinyle 	100 cm
	Toutes les autres espèces de serpents	<ul style="list-style-type: none"> ● Grillage métallique (maille de ¼ po ou moins), murs de béton, d'aluminium ou de vinyle 	60 cm
Tortues	Toutes les espèces	<ul style="list-style-type: none"> ● Grillage métallique, clôture à mailles en losange (maille de ½ po ou moins), mur de béton, d'aluminium ou de vinyle ou clôture en plastique préfabriqué pour la faune ● Une combinaison de mailles en losange et de grillage métallique sera efficace pour les adultes, les jeunes tortues et les alevins. ● Lorsqu'une clôture est utilisée à la fois pour les tortues et les serpents, une maille de plus de ¼ po est déconseillée, car les serpents peuvent rester emprisonnés. 	60 cm

4.2.2 Placement des clôtures

Considérations liées à l'emprise :

- La clôture devrait être placée aussi loin que possible de la bordure de la route afin de réduire au minimum les répercussions de l'enlèvement de la neige, du fauchage ou d'autres pratiques d'entretien en bordure de la route.
- La clôture ne peut pas perturber les échangeurs ou les voies d'accès.
- Il faut se procurer les autorisations et les permis auprès de l'administration routière.
- Lorsque la clôture se prolongera au-delà de l'emprise, il faut obtenir l'autorisation des propriétaires du terrain ou, dans le cas d'une terre de la Couronne, auprès du ministère des Richesses naturelles et des Forêts.

Longueur et placement de la clôture

La longueur de la clôture dépend des capacités de déplacement des espèces ainsi que de l'interface de l'habitat voisin avec la route. Des analyses spatiales de la présence des espèces sur la route, sur l'accotement et sur le bas-côté peuvent aider à déterminer le clôturage nécessaire et son emplacement (Gunson et Teixeira 2015). Néanmoins, lorsque les routes divisent des étendues continues de l'habitat d'une espèce en péril, une clôture s'avère souvent nécessaire tout le long du tronçon de route afin de prévenir la mortalité. Les éléments suivants devraient être pris en considération au moment d'évaluer le placement de la clôture et de la structure de passage :

- les données recueillies lors des levés sur le terrain et sur la route, les opinions d'experts et d'autres sources, comme le Centre d'information sur le patrimoine naturel, afin de comprendre la présence, l'utilisation de l'habitat et les déplacements des espèces par rapport à la route (voir l'annexe A).
- Les distances maximales et moyennes parcourues par les espèces cibles devraient être utilisées pour éclairer la longueur des clôtures. Par exemple, les salamandres ne parcourent généralement pas plus de deux cents mètres, tandis que les tortues et les serpents peuvent se déplacer sur plusieurs kilomètres (voir l'annexe A). Certaines espèces vont parcourir des distances considérables le long de la clôture et accéder à la route à l'extrémité de la clôture; cette situation peut seulement être évitée si la clôture est plus longue que les distances qui seront parcourues par les espèces.
- Les puisards, les terrains accidentés et les zones de roche solide devraient être évités si possible; si les zones rocheuses ne peuvent pas être évitées, du gravier peut être utilisé afin de tenir la clôture en place (photo 50).



Photo 50. Clôture avec un espace dans le bas causé par l'érosion de l'eau qui s'écoule sous la clôture. © K. Gunson



Photo 51. Clôture qui s'insère dans le tunnel sur la route Rice Lake Trail. À noter que la toile à ombrer n'est pas recommandée pour un clôturage permanent. © K. Gunson



Photo 52. Clôture au-dessus du tunnel, prolongement de la promenade Terry-Fox.

© K. Gunson



Photo 53. Clôtures aux abords de l'entrée du tunnel en forme de V. © K. Gunson

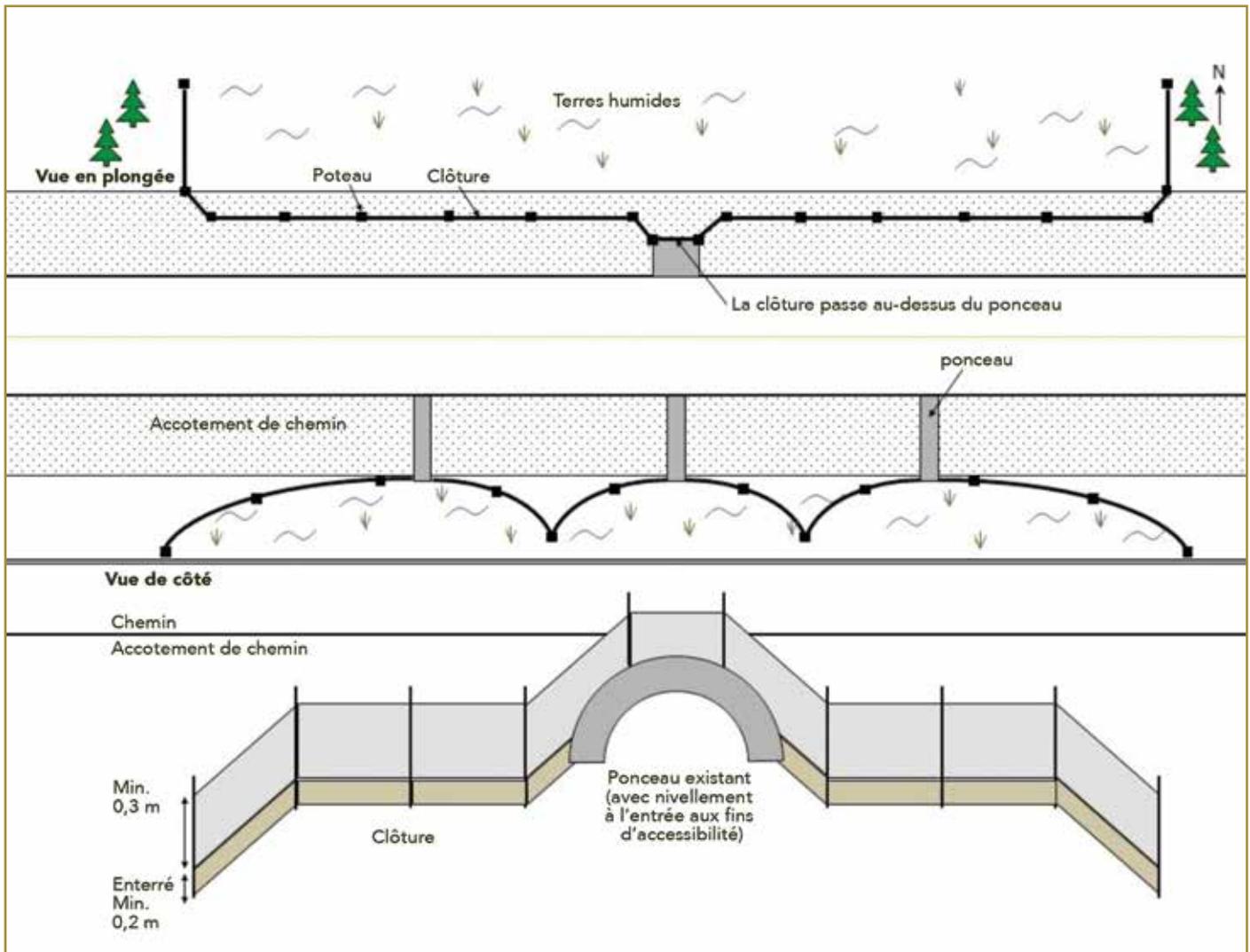


Figure 3. Vue en plongée et vue de côté de la conception d'une clôture et des choix d'emplacement le long de l'emprise. Figure adaptée d'un schéma de Conservation de la nature Canada.

- Lorsque plusieurs structures de passage sont utilisées, les clôtures devraient s'étendre entre les structures (et former un angle à l'écart de l'ouverture du tunnel en forme de V : photo 43 et figure 4).
- Pour être efficace, la clôture doit rejoindre les entrées du tunnel sans laisser d'espaces (photo 51) ou passer par-dessus le tunnel (photo 52) en formant un V (photo 53; figure 4).

4.2.3 Entretien des clôtures

Toutes les clôtures ont besoin de contrôles réguliers et de réparations d'entretien pour lesquels il faut planifier et prévoir un budget. La fréquence des vérifications et des réparations d'entretien variera selon la durabilité de la clôture. Après la fonte des neiges, un levé exhaustif et des réparations de suivi sont indispensables avant que les animaux sortent de leur hibernation. Voici les considérations recommandées pour l'entretien des clôtures :

- La végétation ligneuse, les feuilles, les herbes épaisses et les autres débris qui s'empilent le long de la clôture peuvent servir d'« échelle » ou perforer la clôture et permettre ainsi aux animaux d'avoir accès à la route. Un entretien régulier est requis pour retirer toute la végétation de toutes les clôtures.
- Les clôtures devraient être marquées à l'aide de longs poteaux et d'un ruban de signalisation afin d'avertir les équipes de maintenance de sa présence, surtout aux endroits où un fauchage est prévu.
- Des contrôles réguliers de la clôture devraient être faits à l'aide d'une liste de vérifications afin de déterminer les endroits où des réparations sont requises, y compris une description des dommages et de l'emplacement. Les points qui devraient figurer sur la liste consistent notamment à vérifier si la clôture s'est effondrée, si elle est encore ancrée dans le sol, si elle est contiguë aux tunnels, s'il y a de la végétation à proximité de la clôture et s'il y a des trous dans la clôture. Les équipes doivent réparer la clôture rapidement afin de réduire au minimum les intrusions des amphibiens et des reptiles par la clôture pendant leur saison active.

5 MESURES SUPPLÉMENTAIRES

Les structures de passage spécialement conçues qui sont jumelées à des clôtures constituent la stratégie d'atténuation la plus efficace pour réduire la mortalité routière et pour améliorer la connectivité des habitats (Dodd et coll. 2004, Aresco 2005). Néanmoins, des mesures d'atténuation supplémentaires peuvent être utilisées conjointement avec des structures de passage et des clôtures (c.-à-d. l'installation d'une signalisation ou des zones de vitesse réduite aux extrémités des clôtures). Des mesures supplémentaires peuvent également être utilisées de façon temporaire pendant la construction ou avant des projets de mise à niveau et de réfection sur des routes existantes pour lesquelles il n'y aurait pas d'atténuation autrement. Comme l'efficacité d'un certain nombre de ces stratégies pour réduire la mortalité routière et pour améliorer la connectivité est difficile à mesurer et largement inconnue, la mise en place de ces mesures devrait se faire avec prudence à l'aide d'une méthode de gestion adaptative.

Dans cette section, chaque mesure, comme celles qui ont une influence sur le comportement des conducteurs ou sur les déplacements de la faune, est classée selon la définition de Huijser et coll. 2007. La liste de mesures suivante n'est pas exhaustive; elle résume plutôt les moyens qui ont été pris en Ontario et ailleurs en prenant en considération comment chaque stratégie pourrait s'appliquer aux amphibiens et aux reptiles.

5.1 Exercer une influence sur le comportement des conducteurs

Les stratégies qui sont décrites dans cette section ont une efficacité relativement faible lorsqu'elles sont employées de façon isolée et plusieurs de ces approches devraient être utilisées simultanément chaque fois qu'il est possible de le faire. Par exemple, une bonne

stratégie pourrait inclure une limite de vitesse réduite, des mesures pour ralentir la circulation afin de renforcer la faible limite de vitesse, une signalisation de grande qualité afin d'avertir les conducteurs ainsi qu'un programme d'éducation publique afin d'aider les conducteurs à comprendre les mesures qui ont été mises en place. Mis à part les fermetures de routes, les stratégies qui ont une influence sur le comportement des conducteurs se traduisent rarement par une diminution importante de la mortalité routière. Ce constat s'explique, en partie, par le fait que, malgré ces mesures, de nombreux reptiles et amphibiens sont petits et difficiles à voir ou à éviter. En outre, Ashley et coll. (007) ont découvert qu'environ 2,7 % des conducteurs écrasaient intentionnellement les reptiles, et ce genre de comportement limite gravement la réussite de ces stratégies.

Les zones de vitesse réduite donnent plus de temps aux conducteurs pour réagir à la présence d'un animal sur la route et pour éviter prudemment une collision par la suite. Ces zones ont été mises sur pied dans le parc national Banff afin de diminuer les collisions avec les grands animaux sauvages, comme les grizzlis (parc national Banff, données non publiées 2011-2014). Les limites de vitesse peuvent être réduites selon les saisons et/ou à des heures précises pendant la journée. Cette méthode convient uniquement aux amphibiens et aux reptiles sur les routes qui sont peu achalandées ou qui se trouvent dans des zones protégées. Une zone de vitesse réduite est généralement assortie d'une stratégie de sensibilisation de la population et/ou d'une signalisation afin d'éduquer les automobilistes sur la nécessité de diminuer la mortalité routière des amphibiens et des reptiles. Une application de la loi ou des mécanismes de modération de la circulation (voir ci-dessous) s'avèrent habituellement nécessaires pour une mise en œuvre réussie des limites de vitesse réduites. Cette stratégie peut être onéreuse compte tenu de la nécessité d'une application régulière de la loi.

Les fermetures de routes saisonnières constituent un mécanisme efficace pour réduire la mortalité routière en éliminant les véhicules. Bien qu'il s'agisse d'une méthode très efficace, les fermetures de ce genre peuvent généralement se faire pendant quelques jours par année et elles doivent être synchronisées avec précision afin de coïncider avec les migrations des amphibiens et des reptiles. Cette méthode est plus facilement mise en place dans des zones protégées, sur des routes à faible circulation où l'accès aux habitations ou aux commerces est minime ou sur des routes qui comportent d'autres accès. Un bon exemple est la route King dans l'escarpement du Niagara (photo 55) où une fermeture de route saisonnière a été mise en place pendant plusieurs années pour la salamandre Jefferson, qui est en voie de disparition. Les salamandres se déplacent habituellement à travers un tronçon de route défini pendant une période de deux ou trois semaines, au début du printemps, par temps chaud et pluvieux. Une stratégie de ce genre nécessite l'appui de l'administration routière et des membres de la collectivité qui utilisent les routes. Une campagne de relations publiques est un outil utile pour informer et rallier les résidents de la région. Cette stratégie est relativement peu coûteuse.

La modération de la circulation fait allusion à l'installation d'éléments routiers conçus pour réduire la vitesse des véhicules sans perturber le débit de la circulation. Certaines méthodes de modération de la circulation, comme les dos d'âne (photo 36), les carrefours giratoires et les terre-pleins centraux surélevés, peuvent seulement être mises sur pied sur des routes à faible vitesse, tandis que d'autres méthodes, comme les voies étroites et les bandes rugueuses, peuvent être employées sur des routes où la vitesse varie de modérée à grande. Dans certains cas, les dos d'âne risquent de perturber l'enlèvement de la neige, mais ces installations peuvent être utilisées de façon saisonnière. Cette stratégie comporte des coûts qui varient de faibles à modérés, selon la mesure utilisée.

La signalisation est une méthode économique et répandue pour communiquer des messages aux abords de la route qui est relativement facile à mettre sur pied (photo 57). L'utilisation d'une signalisation vise principalement à conscientiser les automobilistes afin qu'ils puissent éviter de renverser les animaux sauvages le long des routes où les panneaux sont placés. L'efficacité de cette méthode peut être améliorée à l'aide d'une stratégie bien pensée qui évite que les conducteurs s'y habituent et qui comprend les critères suivants (voir Gunson et Schueler 2012; Kintsch et coll. 2015) :

- le placement saisonnier de panneaux ou l'utilisation de textes qui indiquent où les animaux ciblés sont susceptibles de traverser;
- le rehaussement des panneaux à l'aide de drapeaux, de lumières clignotantes ou d'illustrations uniques (Pojar et coll. 1975, Hardy et coll. 2006);
- l'utilisation de la science et des données pour éclairer un placement efficace;
- l'utilisation de panneaux sur des routes à débit modéré ou très achalandées afin de dissuader les vols;
- le placement stratégique de panneaux aux extrémités des clôtures d'exclusion;
- l'utilisation de panneaux en guise de mesures et de balises temporaires avant l'installation de mesures d'atténuation plus permanentes (ministère des Transports de l'Ontario 2012).

Comme c'est le cas pour toutes les autres mesures proposées dans cette section, l'efficacité de la signalisation peut également être augmentée en la combinant à d'autres mesures (p. ex. de vitesse réduite ou de modération de la circulation). Les avantages d'une signalisation pour les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril sont notamment la conscientisation des conducteurs à la présence de la faune sur la route et une meilleure compréhension de l'importance des efforts de conservation lorsqu'elle est utilisée conjointement avec une

campagne de sensibilisation et d'éducation de la population (voir l'exemple dans Joyce et Mahoney 2001). En Ontario, la signalisation est couramment employée sur les routes des parcs municipaux et provinciaux (photo 38) et, plus récemment, sur les routes provinciales (ministère des Transports de l'Ontario 2012; photo 59).

Les campagnes de sensibilisation et d'éducation de la population visent à renseigner les conducteurs sur les problèmes de la faune et de la route et sur les moyens qu'ils peuvent prendre pour aider à réduire au minimum ou à éviter les collisions avec les animaux sauvages sur les routes. Pour les amphibiens et les reptiles, les campagnes de sensibilisation publique s'adressent généralement aux collectivités qui sont situées à proximité d'endroits où le risque de mortalité routière est élevé, comme sur la route Hart Lake à Bampton, en Ontario. Les médias locaux ont sensibilisé les résidents de la région au problème, puis on a fait appel à une équipe spéciale composée de 20 à 40 bénévoles pour faire des relevés de la mortalité sur les routes en 2011 et en 2013 (Office de protection de la nature de Toronto et de la région 2014).

Bien qu'il soit difficile d'établir une corrélation directe entre une conscientisation accrue des conducteurs et une diminution de la mortalité routière, cette stratégie peut améliorer l'efficacité et l'acceptation par la population des autres efforts d'atténuation, comme la signalisation, les zones de vitesse réduite ou les mesures de modération de la circulation. Le coût d'une campagne de sensibilisation publique à l'échelle locale est comparable à celui des autres stratégies abordées, mais une stratégie régionale et coordonnée à long terme (c.-à-d. semblable à la campagne contre l'alcool au volant bien connue) impliquerait un financement plus important ainsi qu'un engagement à long terme.

5.2 Exercer une influence sur les déplacements de la faune

Des bordures inclinées et des orifices d'évasion sont utilisés le long des routes (habituellement des routes locales ou municipales) afin de remplacer les bordures verticales qui sont trop hautes pour que les amphibiens et les reptiles puissent grimper par-dessus. Un bel exemple est le parc national des Lacs-Waterton, où les bordures à angle droit ont été remplacées par des bordures inclinées afin de permettre aux salamandres à longs doigts de s'échapper de la route avec succès (photo 60). En outre, des orifices d'évasion peuvent être utilisés à la jonction des structures et de la route (p. ex. le parc national Banff; photo 61). Les orifices d'évasion fonctionneraient bien le long des routes à fort débit où des sections continues de barrières en jersey divisent les voies de circulation en sens contraire et où les animaux qui pénètrent dans l'emprise ne peuvent pas traverser la route (p. ex. l'autoroute 401 et 417). Cette stratégie est relativement peu coûteuse.

La migration assistée peut être utilisée à l'endroit où une migration concentrée d'amphibiens traverse un tronçon de route défini. Des pièges temporaires (habituellement des clôtures de déviation et des seaux) peuvent être utilisés pour empêcher les animaux de traverser la route. Les animaux sont ensuite récupérés et transportés de l'autre côté de la route par des bénévoles. Sinon, des bénévoles peuvent faire des levés sur la route aux heures de pointe et déplacer les animaux qu'ils rencontrent. Cette stratégie requiert une main-d'œuvre importante ainsi que des bénévoles dans la région pour surveiller les pièges pendant une migration. Elle nécessite également des consignes de sécurité pour les bénévoles. Cela dit, si elles sont synchronisées et coordonnées efficacement, les migrations assistées peuvent s'avérer efficaces pour réduire la mortalité routière chez les amphibiens (photo 62).



Photo 55. Fermeture de route sur King Road dans la région de Halton. © N. Finney



Photo 56. Dos d'âne utilisé pour réduire la vitesse sur Cyprus Lake Road, péninsule Bruce, Ontario. ©K. Gunson

La création d'un habitat peut être utilisée afin de diminuer le besoin qu'ont les individus de se rendre à un habitat situé à proximité de la route ou de traverser la route pour se rendre à l'habitat qui se trouve de l'autre côté. Comme les reptiles et les amphibiens font souvent preuve d'une grande fidélité envers des habitats particuliers, de nombreux individus continueront d'utiliser les caractéristiques historiques d'un habitat, et une transition à l'échelle de la population vers le nouvel habitat pourra prendre des décennies. Par conséquent, des clôtures qui servent d'obstacles aux abords de la route demeurent nécessaires afin d'empêcher les animaux de se disperser en se rendant sur la route. Le coût, la faisabilité et l'efficacité de la création d'un nouvel habitat varient selon le site (division des Opérations du ministère des Forêts, des Terres et des Ressources naturelles de la Colombie-Britannique 2004).

La création d'un nouvel habitat peut inclure des terres humides en guise de sites de reproduction pour les amphibiens (p. ex. Merrow 2007), des sites de nidification artificiels pour les tortues; (Clarke et Gruenig 2002; Paterson et coll. 2013); ou des sites de gestation (Rouse 2005; Parent et Black 2006) et des gîtes d'hivernage (Willson 2005) pour les serpents. Le document sur les MPG de la division des Opérations du ministère des Forêts, des Terres et des Ressources naturelles de la Colombie-Britannique (2004) décrit l'applicabilité du rétablissement de l'habitat (ou de la création dans ce cas-ci) pour les amphibiens et les reptiles. Voici les recommandations générales :

- Une compréhension approfondie de l'utilisation des habitats et des déplacements des espèces cibles est indispensable.
- Le nouvel habitat devrait être situé tout près et du même côté de la route comme l'autre habitat utilisé par l'espèce cible.
- Le microhabitat créé devrait être adéquat pour les populations cibles.
- Les autres habitats importants ne devraient pas être manipulés dans le but de créer un nouvel habitat.



Photo 57. Panneau de sensibilisation sur une route au parc national de la Pointe-Pelée. ©K. Gunson



Photo 58. Panneaux illustrant une tortue utilisés sur des routes municipales en Ontario ©K. Gunson



Photo 59. Panneau provincial de sensibilisation aux habitats de la faune sur l'autoroute 41 ©K. Gunson



Photo 60. Bordure inclinée au parc national des Lacs-Waterton ©B. Johnstonh



Photo 61. Barrière en jersey avec des orifices à la surface de la route ©K. Gunson



Photo 62. Migration assistée de têtards en Colombie-Britannique © E. Winde

6 ATTÉNUATION TEMPORAIRE PENDANT LA CONSTRUCTION DE ROUTES

Cette section contient des considérations générales pour l'atténuation pendant des travaux de construction qui se déroulent dans des secteurs où des espèces amphibiennes et reptiliennes en péril sont présentes. Les considérations qui suivent abordent deux éléments : la synchronisation des activités de construction afin d'éviter les répercussions de la construction et l'installation de mesures d'atténuation afin de réduire au minimum les interactions avec les amphibiens et les reptiles ainsi que les interactions avec leur habitat pendant les travaux de construction.

Une mise en place efficace des MPG pour l'atténuation des travaux de construction exige une surveillance et une consultation auprès d'experts. Une consultation régulière auprès des spécialistes sur les espèces de la région est fortement recommandée, car les heures d'activité pour les espèces cibles varieront chaque année en fonction des conditions climatiques changeantes et du site, surtout dans un paysage aussi vaste que l'Ontario.

6.1 Synchronisation des activités de construction

Lorsque des travaux de construction routière sont anticipés à l'intérieur ou près d'un habitat pour les amphibiens et les reptiles, certaines répercussions peuvent être réduites au maximum en planifiant soigneusement le calendrier des travaux afin d'éviter les habitats lorsqu'ils sont occupés ou pendant les périodes sensibles. Les travaux de construction pendant les périodes d'hivernage devraient éviter les terres humides ainsi que les autres sites qui sont utilisés pour l'hivernation. Cela inclut les perturbations directes et indirectes, comme la diminution des niveaux d'eau dans les terres humides d'hivernage. Les travaux de construction pendant la

saison active devraient éviter les principales caractéristiques des habitats ou les périodes où l'espèce est la plus sensible (voir l'annexe A). Par exemple, les travaux dans les terres humides de reproduction qui sont utilisées par la salamandre de Jefferson et le crapaud de Fowler devraient être évités de la fin mars jusqu'au mois de juin. Les populations d'amphibiens et de reptiles sont actives du mois de mars jusqu'au mois d'octobre dans le sud de l'Ontario, tandis que cette période est moins longue pour les populations plus nordiques (annexe A). Une consultation auprès d'un spécialiste sur les espèces de la région et du bureau de district du MRNF peut s'avérer nécessaire afin d'évaluer les variations annuelles des déplacements propres aux sites pour les espèces cibles pendant les activités de construction.

6.2 Mesures d'atténuation pour les activités de construction

Sur les lieux, les mesures temporaires pour tous les projets routiers qui se déroulent à l'intérieur ou à côté d'un habitat pour les amphibiens et les reptiles aident à éviter de nuire aux individus ou de les tuer. Voici les MPG pour les mesures temporaires :

- L'installation de clôtures d'exclusion entre la zone de construction routière et l'habitat pour les espèces en péril;
 - Utilisez des clôtures qui vont résister pendant toute la durée du projet de construction routière (c'est-à-dire une clôture en géotextile léger qui peut durer jusqu'à un an) ou une clôture en géotextile résistant pour les projets plus longs (voir la section 5.2, MRNO 2013).
 - Si des clôtures permanentes doivent être posées dans le cadre du plan d'atténuation (c'est-à-dire le long des routes), la clôture permanente peut être installée à la place d'une clôture de construction temporaire afin d'éviter les coûts supplémentaires (photo 63).

- Les clôtures devraient être inspectées et réparées quotidiennement afin d'en préserver l'efficacité et d'éviter toutes intrusions potentielles.
- Les clôtures devraient être installées de manière à ce que les sédiments de construction ne pénètrent pas dans les terres humides ou les systèmes de traitement qui utilisent des plantes aquatiques.
- Des mesures de rechange (p. ex. des barrières de roche) devraient être intégrées, si possible, afin de créer un obstacle suffisant entre les chantiers de construction et l'habitat des espèces en péril adjacent.
- Des pare-éclats et d'autres mesures pour maîtriser l'ampleur de l'explosion et les vibrations devraient être utilisés à l'intérieur ou à côté (jusqu'à 250 mètres) de l'habitat des serpents (MRNO 2011).
- Un expert sur les espèces qualifié devrait être présent ou disponible en tout temps afin de faire des recherches, de gérer les contacts et de transférer les animaux pendant les travaux de construction.
- Des recherches devraient être effectuées chaque jour avant et pendant les activités de construction.
- Lorsque des espèces amphibiennes et reptiliennes en péril sont découvertes sur un chantier de construction, les protocoles adéquats pour la manipulation, le transfert et le signalement devraient être observés. Des protocoles particuliers pour les rencontres avec des espèces en péril sont accessibles dans [La manipulation des espèces en danger de l'Ontario : Manuel à l'intention des titulaires autorisés en vertu de la Loi sur les espèces en voie de disparition](#) en plus du [document sur les MPG pour la réserve de la biosphère de la baie Georgienne \(en anglais seulement\)](#) (Clayton et Bywater 2012).
- Des protocoles pour le signalement et la manipulation propres aux espèces devraient être élaborés en coordination avec le personnel des organismes pertinents. Les documents sur les observations devraient

inclure le nom de l'observateur, la date et l'heure, l'espèce, le lieu (descriptif et géoréférencé), des photos ainsi que les mesures qui ont été prises.



Photo 63. Clôtures temporaires posées avant l'installation de clôtures plus permanentes le long de l'autoroute 69. Notez le clôturage permanent réalisé dans la photo 48.

© W. Kowbasniuk

7 SURVEILLANCE

Des recherches considérables ont été réalisées afin de surveiller l'efficacité de l'atténuation pour les grands animaux (p. ex. Ford et coll. 2010; Dodd et coll. 2007), mais il y a des lacunes importantes en termes de connaissances sur les amphibiens et les reptiles et plusieurs projets d'atténuation n'ont fait l'objet d'aucune surveillance (Paulson 2010). Cette section contient des recommandations pour surveiller l'efficacité des projets d'atténuation des routes.

7.1 Plan d'étude

La plupart des études qui ont évalué l'efficacité des structures d'atténuation jusqu'à présent n'ont pas beaucoup de pouvoir inférentiel en raison de leur plan d'étude qui laissait à désirer; les résultats obtenus présentent donc un degré d'incertitude élevé (van der Grift et coll. 2013). Cette incertitude entrave la mise en place des mesures d'atténuation et mène à une utilisation inefficace des ressources financières limitées.

Plusieurs plans de surveillance prennent uniquement en considération l'utilisation d'une structure par une espèce particulière à un endroit précis, mais la viabilité des populations touchées par une route atténuée doit également être surveillée (figure 4). Par exemple, si des individus en particulier, comme des femelles reproductrices, n'utilisent pas une structure de passage pour avoir accès aux sites de reproduction, les succès de la reproduction seront moins grands et les populations diminueront, même si la mortalité causée par la circulation a diminué et même si on a vu des individus emprunter le tunnel.

Idéalement, la taille (ou la densité) de la population cible devrait être mesurée sur les lieux ou près des lieux du projet d'atténuation des routes afin de déterminer comment l'espèce réagit (van der Grift et coll. 2013).

La population peut augmenter, diminuer ou demeurer inchangée à la suite du projet de construction routière (Rodenbeck et coll. 2007). Par exemple, Torres et coll. (2011) ont fait des relevés visuels, en Espagne, pour la grande outarde (*Otis tarda*), un oiseau menacé à l'échelle mondiale, puis ils ont comparé les tendances des populations dans le cadre d'une approche BACI (Before-After-Control-Impact ou avant-après-contrôle-impact; voir la description ci-dessous).

Lorsqu'il est impossible de mesurer un changement dans la taille d'une population, les questions de la recherche devraient permettre de déterminer si l'état actuel de la mortalité routière est suffisamment faible et/ou si le taux des traversées est suffisamment élevé pour assurer une population viable. Si la réponse à cette question est non ou possiblement non, la prochaine question devrait permettre de déterminer quel paramètre de la route, de la circulation ou de la structure d'atténuation devrait être modifié afin d'améliorer la viabilité jusqu'à un niveau acceptable. Cette question est plus facile à répondre en déterminant les taux de traversées et de mortalité routière dans différents aménagements d'atténuation tout en contrôlant les conditions des habitats et des routes.

Des données de surveillance recueillies pendant trois ans tout au plus (avant et après un projet d'atténuation des routes) sont vraisemblablement nécessaires pour mesurer les changements dans la réaction écologique (p. ex. la taille de la population ou le taux de mortalité routière) des espèces cibles et pour diminuer l'influence des événements aléatoires et ponctuels. Le délai d'exécution adéquat dépendra de la réaction écologique et des caractéristiques des espèces cibles (p. ex. une surveillance à plus long terme pour des espèces qui ont des temps de génération plus longs). Pour ce faire, il faut comprendre les objectifs de la recherche parmi les planificateurs des routes et l'équipe

de surveillance dans les premiers temps du processus de planification afin de s'assurer que le plan d'étude soit mis en place de manière adéquate pendant la phase de construction routière.

Le plan d'étude optimal est constitué des données recueillies avant et après l'impact aux endroits où il s'est fait sentir ainsi qu'à des sites témoins qui n'ont pas été touchés par l'impact (Rodenbeck et coll. 2007). Ce plan d'étude, que l'on appelle une approche BACI (Before-After Control-Impact ou avant-après-contrôle-impact), offre le niveau de pouvoir inférentiel le plus élevé pour mesurer la capacité de l'étude à détecter un changement dans le paramètre d'intérêt (p. ex. la taille de la population et le taux de mortalité de la faune sur les routes). Une approche BACI adéquatement mise sur pied permet de surveiller les objectifs afin de passer de la question « Les animaux utilisent-ils les structures de passage? » à la question « L'atténuation a-t-elle empêché la diminution de la population? ».

D'autres considérations pour le plan d'étude consistent à choisir des traitements d'atténuation particuliers à chaque site de surveillance et à procéder à un échantillonnage uniforme et reproductible afin de s'assurer que les résultats puissent être appliqués à grande échelle (van der Ree et coll. 2015). Les éléments du plan sont décrits ci-dessous ainsi que dans la figure 4 :

- Des covariables adéquates doivent être sélectionnées et contrôlées. La variabilité spatiale et temporelle dans la conception des routes et les niveaux de circulation, la conception des structures d'atténuation et les particularités du paysage environnant sont des exemples de covariables (van der Grift et coll. 2013).
- Des protocoles pour l'échantillonnage et les travaux sur le terrain qui sont reproductibles et uniformes aux endroits de surveillance avant et après l'atténuation des routes aident à assurer une collecte de données impartiale.
- L'inclusion des lieux des impacts (atténués) et des sites témoins est indispensable pour s'assurer que les effets d'atténuation apparents (mortalité réduite ou perméabilité accrue) sont attribuables à l'atténuation et ne constituent pas une variable de confusion comme la météo, les différences entre les conditions de l'habitat ou de la route et du terrain.
- Les variables qui sont surveillées (p. ex. l'abondance relative) devraient être clairement indiquées avant le début du projet.
- Les traitements qui peuvent être manipulés permettent d'évaluer les différentes particularités structurelles (p. ex. le dessus ouvert par opposition au dessus fermé ou les types et les longueurs des clôtures) tout en faisant des contrôles pour les autres variables.
- La reproduction des traitements et des contrôles parmi les sites est importante au même titre que la surveillance de chaque traitement dans plus d'un emplacement.
- Les traitements qui sont distribués au hasard aideront à réduire les partis pris et permettront une analyse statistique rigoureuse.

Questions de la recherche

Objectifs de la surveillance

1. Maintenir et rétablir la viabilité de la population
 - a. Mesurer la tendance de la taille ou densité de la population

Clôture

1. Réduire la mortalité routière
 - a. Question à se poser : Est-il suffisant de réduire la mortalité routière pour maintenir ou rétablir la viabilité de la population?

Structures de passage

1. Passage utilisé par la population (p. ex. mâles et femelles)
 - a. Question à se poser : Est-il suffisamment utilisé pour maintenir ou rétablir la viabilité de la population?

Planification

Surveillance de longue durée

1. Plusieurs saisons
2. Plusieurs années (3 ou plus) avant ET après la mise en place ou la modification des mesures d'atténuation, p. ex. études avant-après-contrôle-impact
 - a. Pour réduire l'influence d'événements aléatoires et ponctuels

Expertise et collaboration

1. Biologiste avec expertise en la matière
2. Administration routière
3. Constructeur routier
4. Équipe de surveillance

Autre

1. Obtenir les fonds
2. Obtenir les permis
3. Entamer la collaboration très tôt!

Plan d'étude

Traitements

1. Mesurer la tendance de la taille ou densité de la population
2. Varier les structure de passage ou la conception de clôture
3. Une combinaison des deux

Choix de l'aire

1. Obtenir un groupe de traitements potentiels et de sites témoins
2. Distribuer au hasard les traitements aux sites témoins
3. Reproduire les traitements et les contrôles dans les autres aires
4. Inclure avant, après et sites témoins

Échantillonnage

1. Reproductible
2. Cohérent

Figure 4. Recommandations liées au plan d'étude pour concevoir des questions de recherche et un plan d'étude rigoureux qui vont éclairer l'efficacité de l'atténuation des routes pour les amphibiens et les reptiles

7.2 Techniques de surveillance

Cette section décrit les techniques de surveillance qui sont utilisées pour évaluer l'efficacité des structures de passage et des clôtures pour les amphibiens et les reptiles. Toutes les techniques peuvent être combinées dans le cadre d'un plan de surveillance en fonction du budget, de la rapidité d'exécution et des objectifs particuliers.

7.2.1 Relevés routiers

Le relevé est la méthode la plus courante pour évaluer les endroits où les amphibiens et les reptiles se font tuer sur les routes et où ils ont des interactions le long des routes (voir Langen et coll. 2007 pour une description des méthodes). Ces renseignements peuvent servir

à évaluer les répercussions des routes sur la faune, les endroits où les animaux ont des interactions avec les routes ainsi que l'efficacité des systèmes de passages et de clôtures.

Des données sont recueillies en conduisant, en pédalant ou en marchant le long d'un segment de route choisi à la recherche d'individus vivants ou morts. La méthode d'échantillonnage variera selon les objectifs, les conditions routières et le degré de détectabilité désiré (Langen et coll. 2007, Collinson et coll. 2014). Les relevés à bord d'un véhicule permettent de parcourir de plus grandes distances au cours d'une période d'échantillonnage, mais la détectabilité des petits vertébrés peut être sous-estimée (Slater 2002; Langen et coll. 2007).

Les considérations générales liées à la surveillance pour documenter les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril sur les routes sont notamment les suivantes :

- Les relevés devraient être effectués au moins trois ans avant la phase de construction d'un projet d'aménagement et de réfection des routes :
 - Lorsqu'une espèce est courante, les relevés routiers peuvent engendrer des quantités de données importantes en l'espace d'une ou de deux saisons (Ashley et Robinson 1996), mais en ce qui concerne les espèces en péril qui sont essentiellement rares, il faudra plus de temps pour comprendre les déplacements par rapport au secteur visé par le projet.
 - Les relevés devaient se faire pendant la saison active ou pendant la période de déplacement des espèces cibles (annexe A).
 - La fréquence des relevés dépendra de l'objectif de l'étude, de l'espèce cible, du débit de circulation, des taux d'élimination, de la persistance des carcasses et de la période pendant laquelle l'espèce se déplace (Slater 2002; Barthelmess et Brooks 2010; Santos et coll. 2011). Lorsque l'objectif consiste à recenser la plupart des espèces sur une route pendant une saison active, les recommandations suivantes devraient être prises en considération pour chaque taxon :
 - En ce qui concerne les espèces qui se déplacent pendant des périodes bien définies, comme la salamandre et les crapauds qui migrent vers des étangs de reproduction, les relevés devraient se limiter aux périodes de pointe (p. ex. pendant les soirées chaudes et pluvieuses du printemps), car les carcasses seront détruites par la pluie et la circulation en l'espace de quelques heures, même sur des routes peu fréquentées.
 - Comme plus de la moitié des carcasses de serpents disparaîtront dans les 24 heures, des relevés devraient se faire tous les jours pendant les périodes de pointe des déplacements au printemps et à l'automne (Antworth et coll. 2006).
- Comme les tortues mortes persistent plus longtemps sur les routes, il est recommandé de faire des relevés de deux à trois fois par semaine pendant la saison de nidification.
- Les conditions météorologiques, l'heure du jour et les débits de circulation auront une incidence sur la détectabilité des carcasses. En ce qui a trait aux animaux qui se déplacent la nuit quand il pleut, comme la salamandre de Jefferson, les relevés doivent se faire la nuit avant les chutes de pluie, car la circulation matinale détruira les restes des carcasses.
- Il est à noter que les relevés routiers peuvent ne pas détecter les espèces rares lorsque la mortalité routière a déjà diminué grandement le nombre d'individus adjacents à la route (Fahrig et Rytwinski 2009) ou les espèces qui évitent carrément de traverser les routes (Andrews et Gibbons 2005) :
 - D'autres techniques de relevé visuel peuvent être requises pour détecter les animaux rares et insaisissables aux alentours des routes (Konze et McLaren 1997). Des planches pour les serpents (Patrick et Gibbs 2009), des pièges à fosse pour les amphibiens et les crapauds (Gibbs et Shriver 2005) et des pièges au verveux pour les tortues (Beaudry et coll. 2009) en sont des exemples.
 - Lorsque les renseignements sont insuffisants pour les espèces rares, les données recueillies sur les espèces courantes (p. ex. les tortues peintes) peuvent compléter la taille de l'échantillon.
- Les relevés devraient être effectués à l'aide de méthodes uniformes et reproductibles afin que la route puisse être recensée de la même façon avant et après un aménagement d'atténuation. Smith et coll. (2015) discutent des méthodes et des moyens à prendre pour éviter les partis pris parmi les observateurs.

- Chaque spécimen devrait être examiné attentivement et photographié afin de déterminer l'espèce et, si possible, le sexe et la longueur de l'animal devraient être consignés (p. ex. le plastron ventral d'une tortue, la longueur totale des serpents) (photos 82 et 83). Selon le projet, il peut être important de recueillir un échantillon d'ADN ou de marquer les individus vivants.



Photo 64. Identification d'un spécimen amphibien ramassé sur la route ©K. Gunson

7.2.2 Efficacité des structures de passage et des clôtures

Cette section se concentre sur les techniques de surveillance afin de déterminer si les aménagements des structures de passage et des clôtures sont efficaces pour assurer une connectivité à travers les routes. Auparavant, la plupart des études qui surveillaient les structures de passage évaluaient l'utilisation des tunnels par les amphibiens et les reptiles (voir l'examen à l'annexe C). Des études qui évaluent l'efficacité des clôtures (la proportion d'animaux qui sont en contact avec la clôture et qui pénètrent dans le tunnel) ainsi que l'efficacité des tunnels (la proportion d'animaux qui pénètrent dans les tunnels et qui les traversent) s'avèrent nécessaires pour mieux éclairer les aménagements d'atténuation (Jackson et Tyning 1989).

Smith et coll. (2015) donnent des renseignements pour concevoir un plan de



Photo 65. Mesure de la longueur au milieu du plastron ventral d'une tortue peinte trouvée morte sur la route © K. Gunson

surveillance afin de mesurer l'efficacité des atténuations pour les petits vertébrés, y compris les reptiles et les amphibiens, tandis que Clevenger et Huijser (2011) donnent de l'information sur les techniques de surveillance qui s'appuient sur des méthodes de marquage et de recapture. De plus amples renseignements sur les méthodes pour recenser les amphibiens et/ou les reptiles sont donnés dans Heyer et coll. (1994), Konze et coll. (1997) et McDiarmid et coll. (2012). Le Conseil canadien de protection des animaux (CCPA 2004) propose un manuel excellent pour manipuler et capturer les amphibiens et les reptiles qui peut être intégré aux méthodes de surveillance suivantes (http://www.ccac.ca/Documents/Standards/Guidelines/Add_PDFs/Wildlife_Amphibians_Reptiles.pdf) (disponible en anglais seulement)

Les caméras numériques sont actuellement la technique la plus couramment employée pour mesurer l'utilisation des structures de passage pour les animaux en Ontario. Les caméras actionnées par le mouvement donnent de bons résultats pour les animaux de grande taille et de taille moyenne, mais elles ne sont pas très efficaces pour capter des images des animaux hétérothermes, comme les amphibiens et les reptiles, car

les caméras actionnées par le mouvement prennent une photo seulement quand il y a une différence entre la température de l'animal et la température ambiante (Reconyx 2010). Par exemple, Pagnucco (2012) a découvert que les caméras à infra-rouge actionnées par le mouvement Reconyx documentaient seulement 19 % des salamandres dans un tunnel ACO de 0,5 mètre sur 0,5 mètre. Comme la caractéristique actionnée par le mouvement n'est pas efficace, le réglage devrait être utilisé plutôt pour prendre des photos à des intervalles réguliers (p. ex. à chaque minute). Environ 20 000 images sont prises dans une période de deux semaines, à une minute d'intervalle, et le logiciel de détection de la caméra peut aider à repérer efficacement les animaux sauvages dans les images (Dillon et coll. 2011). Régler la caméra de manière à prendre des photos à des intervalles plus courts (p. ex. à toutes les 10 secondes) améliorera la qualité des données, mais cela exigerait une vérification plus régulière de l'appareil. Les caméras devraient être placées aux deux extrémités du tunnel, fixées solidement et verrouillées après la sous-face (photo 84) du haut du tunnel. Dans les tunnels plus grands, les caméras devraient être installées près du sol afin de capter les serpents et les tortues.



Photo 66. Caméra solidement fixée sur le haut d'un ponceau. Notez la difficulté de capter les animaux lorsqu'il y a de l'eau dans le ponceau ou le tunnel. © K. Gunson



Photo 67. Utilisation d'un récepteur portatif pour repérer des tortues mouchetées aux alentours de l'autoroute 24 © K. Gunson



Photo 68. Tortue mouchetée avec un émetteur radio sur le dos de sa carcasse © K. Gunson



Photo 69. Récepteur-enregistreur de données passif utilisé pour consigner le passage des tortues dans un ponceau sur l'autoroute 24 ©K. Gunson

Pièges à fosse : Les pièges à fosse sont des seaux, des boîtes de conserve ou d'autres contenants enterrés au ras du sol et installés le long d'une clôture qui oriente les animaux vers les pièges. Les pièges à fosse doivent être suffisamment grands pour que les espèces cibles ne puissent pas sortir des contenants en grim pant ou en sautant. De plus, une fois qu'ils sont installés, les pièges doivent être vérifiés régulièrement (au moins chaque jour) afin d'éviter la noyade, la dessiccation ou la prédation des individus. Ils peuvent être utilisés à l'intérieur ou à proximité de l'habitat des amphibiens afin de déterminer si les animaux se déplacent en fonction d'une route. Par exemple, Gibbs et coll. (2005) ont utilisé des boîtes en métal de 50 centimètres de profondeur et d'une circonférence de 7,5 centimètres pour évaluer les déplacements des salamandres à travers une route. Par surcroît, des pièges à fosse ont été utilisés aux points d'entrée et de sortie des structures de passage afin d'évaluer l'utilisation des structures (Pagnucco et coll. 2012). Cette méthode s'est également avérée efficace pour capturer et pour marquer les individus.

Marquage et recapture : Cette technique consiste à capturer, à marquer et à recapturer des animaux afin de déterminer s'ils traversent la route. Il existe plusieurs méthodes pour marquer les amphibiens et les reptiles, notamment en insérant des transpondeurs passifs intégrés, en pratiquant des entailles sur les plaques osseuses des tortues, en marquant les salamandres avec des implants élastomères visibles (p. ex., MacNeil et coll. 2011) et

en utilisant un logiciel de reconnaissance d'images. Quelques-unes de ces techniques sont abordées de façon plus détaillée dans le manuel du CCPA (2004). Les méthodes de marquage et de recapture pour les tortues sont traitées en détail dans Robertson et coll. (2013) ainsi que pour tous les reptiles dans McDiarmid et coll. (2012).

Radiotélémétre et enregistreurs de données passifs ou lecteurs d'étiquettes à transpondeur passif intégré : La radiotélémétre peut être utilisée pour surveiller les déplacements des animaux à l'aide d'un récepteur portatif (photos 85 et 86) sans avoir à recapturer les animaux. En outre, des enregistreurs de données passifs (photo 87) ou des lecteurs d'étiquettes à transpondeur passif intégré peuvent être installés près des entrées des structures de passage (James et coll. 2011; Caverhill et coll. 2011) afin de consigner les mouvements des individus marqués qui les traversent.

Le tableau 4 fait une comparaison entre les avantages et les désavantages de ces méthodes. Une combinaison de plusieurs méthodes produira l'ensemble de données le plus solide et éliminera la plupart des inconvénients de n'importe quelle méthode. Par exemple, l'utilisation d'un récepteur de radiotélémétre et d'un récepteur passif portatifs installés sur les structures de passage donnera des données de grande qualité sur les traversées ainsi que sur les déplacements détaillés des individus par rapport aux structures de passage et à la route.

Tableau 4. Avantages et désavantages des techniques employées pour surveiller les passages à niveau

Technique	Avantages	Désavantages
Caméras numériques installées	<ul style="list-style-type: none"> ● Donne de l'information sur l'heure et la date de la traversée ● Donne une preuve directe que les structures sont utilisées ● Devrait détecter la plupart des individus qui utilisent la structure de passage si les caméras sont installées pour prendre des photos régulièrement (p. ex. à chaque minute) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ne donne pas d'information sur les individus qui utilisent la structure (p. ex. leur sexe) ● Les caméras efficaces coûtent cher et risquent d'être volées ● Il faut prévoir beaucoup de temps pour examiner les photos et pour entretenir les caméras (téléchargement des photos, réglages, piles, niveaux d'eau, etc.) ● Les caméras n'ont pas l'habitude de fonctionner dans des conditions aquatiques
Pièges à fosse	<ul style="list-style-type: none"> ● Donne de l'information sur les individus qui utilisent la structure (p. ex. leur sexe) et la date de la traversée ● Donne une preuve directe que les structures de passage sont utilisées ● Devrait détecter la plupart des individus qui utilisent la structure de passage ● Permet d'utiliser les animaux piégés pour un échantillonnage génétique et un marquage-recapture 	<ul style="list-style-type: none"> ● L'installation et l'échantillonnage nécessitent une main-d'œuvre importante, car les pièges devraient être vérifiés au moins chaque jour ● Les animaux risquent de mourir dans les pièges ● Cette méthode convient moins aux reptiles

Technique	Avantages	Désavantages
Marquage-recapture	<ul style="list-style-type: none"> ● Donne de l'information sur les individus qui utilisent la structure (p. ex. leur sexe) ● Permet de faire des estimations de l'abondance des populations (à l'aide d'un échantillonnage suffisant) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Peut ne pas donner de renseignements sur l'heure et la date des traversées ● Ne donne pas une preuve directe que les animaux ont utilisé les structures de passage (p. ex. il est impossible d'éliminer les animaux qui sont passés à travers les trous ou par les extrémités d'une clôture) ● La détection des individus qui traversent la route est limitée par le nombre d'animaux qui ont été capturés, puis recapturés
Radio-télémesure et enregistreurs de données passifs	<ul style="list-style-type: none"> ● Donne de l'information sur les individus qui utilisent la structure (p. ex. leur sexe) ainsi que sur l'heure et la date de la traversée ● Les enregistreurs de données passifs et les lecteurs des étiquettes à transpondeur passif intégré dans la structure donnent une preuve directe que les structures sont utilisées ● Le récepteur de radiotélémesure portatif peut suivre les déplacements en fonction de la route (p. ex. la superficie du domaine vital, etc.) ● Fonctionne dans des conditions aquatiques 	<ul style="list-style-type: none"> ● La capture, la manipulation et la surveillance des animaux peuvent nécessiter beaucoup de temps et d'efforts sur le terrain et engendrer des coûts importants ● La détection des individus qui traversent la route est limitée au nombre d'animaux qui sont capturés et étiquetés ou suivis ● Comme la radiotélémesure à l'aide d'un récepteur portatif a peu de chances de donner une preuve directe que la structure est utilisée, l'idéal serait de combiner cette méthode avec des lecteurs passifs installés dans la structure

7.2.3 Estimations des populations

Une surveillance qui mesure les changements liés à l'abondance des populations, à la répartition des animaux et à la relation génétique avant et après un projet d'atténuation des routes peut répondre aux questions qui visent à déterminer comment l'atténuation des nouvelles routes a permis de maintenir ou d'améliorer la persistance à long terme des populations d'animaux sauvages, surtout quand elle est utilisée dans le cadre d'un aménagement de type BACI (avant-après-contrôle-impact). Cette section décrit de façon générale les techniques de répertoriage et de recensement utilisées pour déterminer si une population est stable ou si elle augmente ou elle diminue à cause des mesures d'atténuation des routes et du projet de construction routière.

Les études sur le marquage et la recapture peuvent servir à estimer la taille des populations, mais un nombre important d'individus doivent être marqués pour produire des estimations statistiquement significatives.

Les relevés d'abondance relative sont réalisés à l'aide de méthodes normalisées, comme les recherches synchronisées, les grilles ou les transects, qui permettent de faire des comparaisons au fil du temps ou entre les sites. En plus des recherches libres, ces levés doivent prévoir des planches sous lesquelles les serpents et les salamandres peuvent se cacher ou des pièges à fosse pour les crapauds et les grenouilles. Les levés d'abondance (dénombrements d'animaux dans un secteur et normalisés par les efforts de recherche) nécessitent un plan d'étude systématique qui prévoit des relevés réguliers qui sont effectués par les mêmes bénévoles formés afin de diminuer la partialité des observateurs.

Les relevés auditifs peuvent être utilisés pour recueillir des données sur l'abondance relative des crapauds et des grenouilles à proximité des routes; ils ne nécessitent pas une observation directe des animaux (Eigenbrod et

coll. 2008b). En ce qui concerne les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril en Ontario, cette technique de surveillance pourrait uniquement être appliquée pour le crapaud de Fowler.

L'échantillonnage génétique consiste à prendre des échantillons de sang ou de tissus prélevés sur des individus vivants ou morts afin de comparer la relation et la structure génétiques (p. ex. les ratios en fonction du sexe et de l'âge) avant et après un projet d'atténuation des routes (p. ex. James et coll. 2011). À titre d'exemple, Clark et coll. (2010) ont découvert que les routes ont un effet sur la structure génétique, la connectivité et le flux génétique du crotale des bois. Dans une autre étude, Row et coll. (2010) ont fait des analyses génétiques des échantillons de sang prélevés parmi des populations de couleuvres fauves de l'Est divisées par des autoroutes en Ontario, dans l'Ohio et dans le Michigan. Il est intéressant de noter que certaines populations divisées par l'autoroute 401 ne se distinguaient pas sur le plan génétique, peut-être à cause des passages inférieurs qui permettent aux serpents de traverser.

7.3 Gestion adaptative

La gestion adaptative consiste à se servir des résultats de la surveillance pour éclairer les prises de décisions qui touchent à la planification et à la conception des phases subséquentes d'un projet (Holling 1978). L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) est un processus qui se veut souple, itératif et adaptatif et peut se rajuster devant les incertitudes et les préférences qui émergent au cours du processus (Lawrence 2003). À la lumière de ces faits, et comme les projets routiers sont généralement à long terme, il est possible d'intégrer une surveillance à long terme et adaptative aux processus de planification routière.

Les travaux de construction routière et la mise sur pied des stratégies d'atténuation se font généralement par phases. Le processus de construction par phases permet de mettre sur pied les aménagements d'atténuation dans la première section de l'autoroute afin que les leçons tirées grâce à la surveillance soient intégrées dans les phases subséquentes du projet routier. Par exemple, l'aménagement de la route Transcanadienne dans le parc national Banff a été réalisé en quatre phases sur une période de plus de 30 ans et la surveillance à long terme des structures de passage a permis de mettre en application les leçons tirées dans chaque phase subséquent afin d'améliorer la conception des structures de passage (Ford et coll. 2010). Une gestion adaptative de la conception du projet fondée sur les résultats de la surveillance exige des communications régulières et étroites entre les personnes qui font la surveillance et l'organisme de transport. Une communication continue permettra d'apporter des modifications rapides aux plans de conception qui tiendront compte des résultats les plus à jour des activités de surveillance (Clevenger et Ford 2010).

8 RÉFÉRENCES

- Allaback, M. L., et D. M. Laabs. 2002. Effectiveness of road tunnels for the Santa Cruz Long-toed Salamander. *Transactions of the Western Section of the Wildlife Society* 38:5–8.
- Amphibian and Reptile Conservation. 2009. *Common toads and roads: Guidance for planners and highways engineers* (England). Livret publié par Amphibian and Reptile Conservation.
- Andrews, K. M., et J. W. Gibbons. 2005. How do highways influence snake movement? Behavioral responses to roads and vehicles. *Copeia* 2005:772–782.
- Andrews, K. M., J. W. Gibbons, et D. M. Jochimsen. 2008. Ecological effects of roads on amphibians and reptiles: a literature review. Pages 121–143 in R. E. Mitchell, J. Brown, and B. Bartholomew, editors. *Urban Herpetology*, Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- Antworth, R. L., D.A. Pike, et E.E. Stevens. 2005. Hit and Run: Effects of scavenging on estimates of roadkilled vertebrates. *Southeastern Naturalist* 4:647-656
- Aresco, M. J. 2005. Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a north Florida lake. *Journal of Wildlife Management* 69:549–560.
- Arizona Game and Fish. 2010. Safe roads for people and wildlife: culverts and fencing to reduce wildlife-vehicle collisions and maintain permeability. Source : <http://www.rtamobility.com/images/stories/pdfs/RTAWLL/2010/RTAWLL-2010-05-14-Presentation%20Safe%20Roads%20for%20%20People%20and%20Wildlife.pdf>.

- Ascensão, F., et A. Mira. 2007. Factors affecting culvert use by vertebrates along two stretches of road in southern Portugal. *Ecological Research* 22:57–66.
- Ashley, E. P., et J. T. Robinson. 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field Naturalist* 110:403–412.
- Ashley, E. P., A. Kosloski, et S. A. Petrie. 2007. Incidence of intentional vehicle-reptile collisions. *Human Dimensions of Wildlife* 12:137–143.
- Bain, T.K. 2014. Evaluating the effect of moisture in wildlife crossing tunnels on the migration of the California tiger salamander, *Ambystoma californiense*. Thèse de maîtrise ès sciences. Sonoma State University, Rohnert Park, California.
- Barthelmess, E. L., et M. S. Brooks. 2010. The influence of body-size and diet on road-kill trends in mammals. *Biodiversity and Conservation* 19:1611–1629.
- Baxter-Gilbert, J. H. 2014. The long road ahead: understanding road-related threats to reptiles and testing if current mitigation measures are effective at minimizing impacts. Thèse de maîtrise ès sciences. Université Laurentienne.
- British Columbia Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations. 2004. Guidelines for Amphibians and Reptiles conservation during urban and rural land development in British Columbia. Victoria, Colombie-Britannique. 156 pp. <http://www.env.gov.bc.ca/wld/BMP/bmpintro.html#second>
- Beasley, B. A. 2013. The SPLAT project: Mitigating amphibian road mortality in the Clayoquot Sound UNESCO Biosphere Reserve. *FrogLog* 21:20–22.
- Beaudry, F., P. G. deMaynadier, et M. L. Hunter. 2008. Identifying road mortality threat at multiple spatial scales for semi-aquatic turtles. *Biological Conservation* 141:2550–2563.
- Beaudry, F., P. G. deMaynadier, et M. L. Hunter. 2009. Seasonally dynamic habitat use by Spotted (*Clemmys guttata*) and Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*) in Maine. *Journal of Herpetology* 43:636–645.
- Beaudry, F., P. G. deMaynadier, et M. L. Hunter. 2010. Nesting movements and the use of anthropogenic nesting sites by Spotted Turtles (*Clemmys guttata*) and Blanding's Turtles (*Emydoidea blandingii*). *Herpetological Conservation and Biology* 5:1–8.
- Bellis, M., S. Jackson, C. Griffin, P. Warren, et A. Thompson. 2007. Utilizing a multi-technique, multi-taxa approach to monitoring wildlife passageways on the Bennington Bypass in Southern Vermont. Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC.
- Biolinx Environmental Research. 2013. Western Toad monitoring study in Kentucky Alleyne Provincial Park, July - August 2013. Rapport non publié à BC Parks.

- Bissonette, J., C. A. Kassar, et L. J. Cook. 2008. Assessment of costs associated with deer-vehicle collisions: human death and injury, vehicle damage, and deer loss. *Human-Wildlife Conflicts* 2:122-130.
- Bissonette, J. A., et W. Adair. 2008. Restoring habitat permeability to roaded landscapes with isometrically-scaled wildlife crossings. *Biological Conservation* 141: 482-488.
- Bouchard, J., A. T. Ford, F. E. Eigenbrod, et L. Fahrig. 2009. Behavioral responses of Northern Leopard Frogs (*Rana pipiens*) to roads and traffic: Implications for population persistence. *Ecology and Society* 14. [en ligne] URL : <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art23/>.
- Brooks, R. J., G. P. Brown, et D. A. Galbraith. 1991. Effects of a sudden increase in natural mortality of adults on a population of the Common Snapping Turtle (*Chelydra serpentina*). *Canadian Journal of Zoology* 69:1314–1320.
- Buchanan, I. D., et D. Basso. 2007. Under the boardwalk – case history – St. John’s sideroad at the Mckenzie wetland, Aurora, Ontario, Canada. Pages 100–113 in C. L. Irwin, D. A. Nelson, and K. P. McDermott, editors. *Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC. Source : <http://escholarship.org/uc/item/6vr0n5bq> (consultée le 25 février 2014).
- CCAC. 2004. CCAC species-specific recommendations on: AMPHIBIANS AND REPTILES. Conseil canadien de protection des animaux, Ottawa, Ontario. Source : http://www.ccac.ca/Documents/Standards/Guidelines/Add_PDFs/Wildlife_Amphibians_Reptiles.pdf.
- Carr, L. W., et L. Fahrig, 2001. Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology* 15: 1071–1078.
- Carsignol. J. 2005 (traduit en anglais en 2007). *Facilities and measures for small fauna: technical guide*. Ministry of Transportation and Infrastructure, Technical Department for Transport, Road and Bridges Engineering and Road Safety. Bagnex Cedex, France.
- Caverhill, B., B. Johnson, J. Phillips, E. Nadeau, M. Kula, et R. Holmes. 2011. Blanding’s Turtle (*Emydoidea blandingii*) and Snapping Turtle (*Chelydra serpentina*) habitat use and movements in the Oakland Swamp wetland complex, Ontario, Canada, and their response to the Provincial Highway 24 exclusion fence and aquatic culvert ecopassage from 2010-2011. Rapport préparé par le zoo de Toronto, Adopt-A-Pond Programme, Toronto, ON.
- Central Lake Ontario Conservation Authority March 2015. *Watershed Wildlife and Corridors Protection and Enhancement Plan - Action Plan #5*. Oshawa, ON.
- Clark, R. W., W.S. Brown, R. Stechert, et K.R. Zamudio. 2010. Roads, interrupted dispersal, and genetic diversity in timber rattlesnakes. *Conservation Biology* 24:1059-1069.
- Clarke, R. et A. Gruenig 2002. Summary Report: Painted Turtle (*Chrysemys picta belli*) nest site enhancement and monitoring Elizabeth Lake, Cranbrook, B.C. Rapport non publié pour Columbia Basin Fish and Wildlife Compensation Program. Rocky Mountain Naturalists, Nelson, C.-B.

- Clayton, G. et D. Bywater. 2012. BMPs for Public Works Department working within the Georgian Bay Biosphere Reserve. Georgian Bay Biosphere Reserve. Parry Sound, Ontario. 16 pp. <http://www.gbbr.ca/download/Species%20at%20Risk/BMPs%20Working%20in%20SAR%20Habitat.pdf>
- Clevenger, A. P. 2012. Mitigating continental-scale bottlenecks: How small-scale highway mitigation has large-scale impacts. *Ecological Restoration* 30:300–307.
- Clevenger, A. P., et M. Huijser. 2011. Wildlife crossing structures handbook: Design and evaluation in North America. Report # FHWA-CFL/TD-11-003. Federal Highway Administration, Washington, D.C. 223 pp.
- Clevenger, A. P., B. Churszcz, K. Gunson, et J. Wierzchowski. 2002. Roads and wildlife in the Canadian Rocky Mountain Parks – movement, mortality, and mitigation. Rapport final à Parcs Canada. Banff, AB.
- Clevenger, A. P., M. McIvor, D. McIvor, B. Churszcz, et K. Gunson. 2001. Tiger salamander, *Ambystoma tigrinum*, movements and mortality on the Trans-Canada Highway in southwestern Alberta. *Canadian Field-Naturalist* 115:199–204.
- Collinson, W. J., D.M. Parker, R.T. Bernard, B.K. Reilly, et H.T. Davies-Mostert. 2014. Wildlife road traffic accidents: a standardized protocol for counting flattened fauna. *Ecology and Evolution*, 4:3060-3071.
- Compton, B. W., et P. R. Sievert. 2002. An evaluation of turtle tunnels and curbs at Towermarc Office Park. Rapport non publié. University of Massachusetts, Amherst, MA, USA.
- Congdon, J. D., A. E. Dunham, et R. C. van Loben Sels. 1993. Delayed sexual maturity and demographics of Blanding's Turtles (*Emydoidea blandingii*): Implications for conservation and management of long-lived organisms. *Conservation Biology* 7:826–833.
- COSEPAC. 2002a. COSEWIC assessment and update status report on the Spiny Softshell Turtle *Apalone spinifera* in Canada. Page vii + 17. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2002b. COSEWIC assessment and status report on the Milksnake *Lampropeltis triangulum* in Canada. Page vi + 29. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2004. COSEWIC assessment and update status report on the Spotted Turtle *Clemmys guttata* in Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2005. COSEWIC assessment and update status report on the Blanding's Turtle *Emydoidea blandingii* in Canada. Page viii + 40. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2006. COSEWIC assessment and update status report on the Lake Erie watersnake *Nerodia sipedon insularum* Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2007a. COSEWIC assessment and update status report on the Eastern Hog-nosed Snake *Heterodon platirhinos* in Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.

- COSEPAC. 2007b. COSEWIC assessment and update status report on the Wood Turtle *Glyptemys insculpta* in Canada. Page vii + 42. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2007c. COSEWIC assessment and update status report on the Gray Ratsnake *Elaphe spiloides* (Great Lakes/St. Lawrence population and Carolinian population) in Canada. Page vii + 33. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2007d. COSEWIC assessment and update status report on the Five-lined Skink *Eumeces fasciatus* (Carolinian population and Great Lakes/St. Lawrence population) in Canada. Page vii + 50. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2008a. COSEWIC assessment and status report on the Snapping Turtle *Chelydra serpentina* in Canada. Page vii + 47. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2008b. COSEWIC assessment and update status report on the Eastern Foxsnake *Elaphe gloydi*, Carolinian population and Great Lakes/St. Lawrence population, in Canada. Page vii + 45. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2010a. COSEWIC assessment and status report on the Jefferson Salamander *Ambystoma jeffersonianum* in Canada. Page xi + 38. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2010b. COSEWIC assessment and status report on the Fowler's Toad *Anaxyrus fowleri* in Canada. Page vii + 58. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2010c. COSEWIC assessment and status report on the Butler's Gartersnake *Thamnophis butleri* in Canada. Page xi + 51. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2010d. COSEWIC assessment and status report on the Queensnake *Regina septemvittata* in Canada. Page vii + 34. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2012a. COSEWIC assessment and status report on the Eastern Musk Turtle *Sternotherus odoratus* in Canada. Page xiii + 68. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2012b. COSEWIC assessment and status report on the Eastern Ribbonsnake *Thamnophis sauritus* Atlantic population, Great Lakes population in Canada. Page xii + 39. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2012c. COSEWIC assessment and status report on the Massasauga *Sistrurus catenatus* in Canada. Page xiii + 84. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- COSEPAC. 2013. COSEWIC assessment and status report on the Northern Map Turtle *Graptemys geographica* in Canada. Page xi + 63. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.

- Crowley, J. F. 2006. Are Ontario reptiles on the road to extinction? Anthropogenic disturbance and reptile distributions within Ontario. Thèse de maîtrise. University of Guelph, Guelph, Ontario.
- deMaynadier, P. G., and M. L. Hunter Jr., 2000. Road effects on amphibian movements in a forested landscape. *Natural Areas Journal* 20: 56–65.
- De Rivera, C. E., and L. L. Bliss-Ketchum. 2010. The effectiveness of vertebrate passage and prevention structures: a study of Boeckman Road in Wilsonville. Rapport final à l’Oregon Transportation Research and Education Consortium.
- Dillon Consulting Limited. 2011. Terry Fox Drive extension project wildlife guide system monitoring report, Year 1 of 3. 10-3663. Ville d’Ottawa, Ottawa, Ontario.
- Dillon Consulting Limited. 2013. Terry Fox Drive extension project wildlife guide system monitoring report, Year 3 of 3; and, three year summary. 12-6019. Ville d’Ottawa, Ottawa, Ontario.
- Dodd, N. L., J. W. Gagnon, A.L. Manzo, et R. E. Schweinsburg. 2007. Video surveillance to assess highway underpass use by elk in Arizona. *The Journal of Wildlife Management* 71: 637-645.
- Dodd, K. J., W. J. Barichivich, et L. L. Smith. 2004. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* 118:619–631.
- Eads, B. 2013. Behavioral responses of two syntopic snakes (*genus Thamnophis*) to roads and culverts. Thèse de maîtrise ès sciences. Purdue University, Fort Wayne, Indiana.
- Eads, B., L. Hayter, et B. Kingsbury. 2012. Road responses and culverts as a tool for increasing habitat connectivity for the federally threatened Copper-bellied Watersnake (*Nerodia erythrogaster neglecta*) and other wetland snakes. Conference abstract, World Congress of Herpetology. Victoria, BC.
- Eastern Foxsnake Recovery Team. 2010. Recovery strategy for the Eastern Foxsnake (*Pantherophis gloydi*) – Carolinian and Georgian Bay populations in Ontario. Page vi + 39. Ministère des Richesses naturelles de l’Ontario, Peterborough, Ontario.
- Eberhardt, E., S. Mitchell, et L. Fahrig. 2013. Road kill hotspots do not effectively indicate mitigation locations when past road kill has depressed populations. *The Journal of Wildlife Management* 77:1353–1359.
- EcoPlans. 2006. Environmental guide for wildlife in the Oak Ridges Moraine. Environmental Standards and Practices. Ontario Ministère des Transports de l’Ontario.
- Eigenbrod, F., S. J. Hecnar, et L. Fahrig. 2008a. Accessible habitat: an improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations. *Landscape Ecology* 23:159–168.
- Eigenbrod, F., S. J. Hecnar, et L. Fahrig. 2008b. The relative effects of road traffic and forest cover on anuran populations. *Biological conservation* 141:35–46.
- Ernst, C.H., et J.E. Lovich. 2009. *Turtles of the United States and Canada*. Deuxième édition. Johns Hopkins University Press.
- Faggyas, S., et M. Puky. 2012. Construction and preliminary monitoring results of the first ACO Wildlife Pro amphibian mitigation system on roads in Hungary. *Állattani Közlemények* 97: 85–93.

- Fahrig, L., J. H. Pedlar, S. E. Pope, P. D. Taylor, et J. F. Wegner. 1995. Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation* 73:177–182.
- Farmer, R. G., et R.J. Brooks. 2012. Integrated risk factors for vertebrate roadkill in southern Ontario. *The Journal of Wildlife Management* 76:1215-1224.
- Fenech, A., B. Taylor, R. Hansell, et G. Whitelaw. 2001. Major road changes in southern Ontario 1935–1995: Implications for protected areas. Source : http://www.utoronto.ca/imap/papers/road_changes.htm (accessed April 10, 2014).
- Findlay, C. S., et J. Houlahan. 1997. Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands. *Conservation Biology* 11:1000–1009.
- Ford, A. T., A. P. Clevenger, et K. Rettie. 2010. The Banff Wildlife Crossings Project: an international public-private partnership. Pages 157–173 in J.P. Beckmann, A.P. Clevenger, M.P. Huijser, J.A. Hilty, editors. *Safe passages—highways, wildlife and habitat connectivity*. Island Press, Washington, DC. Island Press, Washington, DC.
- Fortney, A. N., R. G. Poulin, J.A. Martino, D.L. Parker, et C.M. Somers. 2013. Proximity to hibernacula and road type influence potential road mortality of snakes in southwestern Saskatchewan. *Canadian Field-Naturalist* 126:194-203.
- Garrah, E. 2012. Wildlife road mortality on the 1000 islands parkway in southeastern Ontario: peak times, hot spots, and mitigation using drainage culverts. Thèse de maîtrise en études environnementales. Queen's University, Kingston, Ontario.
- Gartner Lee, et EcoPlans. 2009. 407 East individual Environmental Assessment and preliminary design study: Natural environmental (terrestrial) impact assessment of the recommended design. Rapport au ministère des Transports.
- Gartshore, R. G., M. Purchase, R. I. Rook, et L. Scott. 2005. Bayview Avenue extension, Richmond Hill, Ontario, Canada habitat creation and wildlife crossings in a contentious environmental setting: a case study. Pages 55-76 in C.L. Irwin, P. Garrett, and K.P. McDermott, editors. *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*, Raleigh, NC.: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.
- Gates, J. E., et J. L. J. Sparks. 2012. An investigation into the use of road drainage structures by wildlife in Maryland, USA. *Human-Wildlife Interactions* 6:311–326.
- Gibbs, J. P., et W. G. Shriver. 2002. Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology* 16:1647–1652.
- Gibbs, J. P., et W. G. Shriver. 2005. Can road mortality limit populations of pool-breeding amphibians? *Wetlands Ecology and Management* 13:281–289.
- Gillingwater, S. D. 2011. Recovery strategy for the Queensnake (*Regina septemvittata*) in Ontario. Page vi + 34. Ontario Recovery Strategy Series. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough, Ontario.
- Glenside Ecological Services. 2011. Community mobilization and habitat modelling. Pages 24 – 109. *Species at Risk*. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Haliburton Highlands Land Trust.

- Griffin, K. 2005. Use of low fencing with aluminum flashing as a barrier for turtles. Pages 366-368 in C.L. Irwin, P. Garrett, and K.P. McDermott, eds. Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation, Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.
- Gunson, K. E., G. Mountrakis, et L. J. Quackenbush. 2011. Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management* 92:1074–1082.
- Gunson, K. E., et F. W. Schueler. 2012. Effective placement of road mitigation using lessons learned from turtle crossing signs in Ontario. *Ecological Restoration* 30:329–334.
- Gunson, K.E., Ireland, D., Schueler, F.W. 2012. A tool to prioritize high-risk road mortality locations for wetland-forest herpetofauna in southern Ontario, Canada. *NorthWestern Journal of Zoology* 8:409-413.
- Gunson, K. E., D. Lesbarrères, et D. C. Seburn. 2013. Monitoring turtle movements across highways 7 and 41: Final report. Rapport non publié au Programme de financement des projets d'innovation en infrastructure routière. Ministère des Transports de l'Ontario.
- Gunson, K.E., et F.Z. Teixeira. 2015. Road-wildlife mitigation planning can be improved by identifying the patterns and processes associated with wildlife-vehicle collisions. Pages 101-019 in R. van der Ree, D. Smith, C. Grilo, editors. *Handbook of Road Ecology*. Wiley-Blackwell Publications.
- Hagood, S., et M. J. Bartels. 2008. Use of existing culverts by eastern box turtles (*Terrapene c. carolina*) to safely navigate roads. Pages 169–170 in J. C. Mitchell, R. E. J. Brown, and B. Bartholomew, editors. *Urban Herpetology*, Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- Hardy, A., S. Lee, et A.F. Al-Kaisy. 2006. Effectiveness of animal advisory messages on dynamic message signs as a speed reduction tool: case study in Rural Montana. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1973:64-72.
- Haxton, T. 2000. Road mortality of Snapping Turtles, *Chelydra serpentina*, in central Ontario during their nesting period. *Canadian Field-Naturalist* 114:106–110.
- Helferty, N. J. 2002. Natural Heritage Planning for amphibians and their habitats with reference to populations on the south slope of the Oak Ridges Moraine. Page 71. Supplementary Report for Oak Ridges Moraine Richmond Hill, Ontario Municipal Board Hearing. Save the Rouge Valley System Inc. and the City of Toronto.
- Hels, T., et E. Buchwald, 2001. The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99: 331–340.
- Heyer, W. R., M. A., Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek, et M. S. Foster (éds). 1994. Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. 364 pp.
- Holling, C. S. 1978. Adaptive environmental assessment and management. *Adaptive environmental assessment and management*. Source : <http://www.cabdirect.org/abstracts/19800666996.html> (accessed April 10, 2014).

- Huijser, M. P., P. T. McGowen, J. Fuller, A. Hardy, et A. Kociolek. 2007. Wildlife-vehicle collision reduction study: report to congress. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, É.-U. Source : <http://trid.trb.org/view.aspx?id=884083> (consultée le 10 avril 2014).
- IUCN. 2010. IUCN Red list of threatened species 2010. International Union for the Conservation of Nature (IUCN), Gland, Switzerland. [en ligne] URL : <http://www.iucn.org>
- Iuell, B. 2003. COST 341: Wildlife and Traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions. Utrecht, The Netherlands: KNNV Publishers.
- Jackson, S. D., et T. F. Tynning. 1989. Effectiveness of drift fences and tunnels for moving spotted salamanders *Ambystoma maculatum* under roads. Pages 93–99 in T. E. S. Langton, editor. Amphibians and Roads, Proceedings of the toad tunnel conference. ACO Polymer Products, Shefford, Angleterre. Source : http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=scott_jackson (consultée le 10 avril 2014).
- Jackson, S. D. 1996. Underpass systems for amphibians. In G. L. Evink, P. Garrett, D. Zeigler, and J. Berry, editors. Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality: Proceedings of the transportation related wildlife mortality seminar. State of Florida Department of Transportation, Environmental Management Office. Tallahassee, FL. FL-ER-58-96.
- Jackson, S. D., et M. N. Marchand. 1998. Use of a prototype tunnel by Painted Turtles, *Chrysemys picta*. Rapport not publié.
- Jackson, S. D. 2003. Ecological considerations in the design of river and stream crossings. Page 10 in C. L. Irwin, P. Garrett, and K. P. McDermott, editors. 2003 Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina. Source : http://works.bepress.com/scott_jackson/11/ (consultée le 10 avril 2014).
- Jackson, S. D., D. J. Smith, et K. E. Gunson. 2015. Sharing the road: Mitigating road impacts on small vertebrates. Pages 177–208 in K. M. Andrews, P. Nanjappa, and S. P. D. Riley, editors. Roads and Ecological Infrastructure: Concepts and Applications for Small Animals. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- Jacobson, S. L. 2007. An alternative to the openness “ratio” using underpass physical attributes and behavioral implications of deer vision and hearing capabilities. Page 605 in C.L. Irwin, D. Nelson, and K.P. McDermott, editors. Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation. Raleigh, NC.: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.
- James, P.W., R.S. Wagner, K.A. Ernest, D. Beck, et J. Irwin. 2011. Monitoring fish and low-mobility vertebrates along a major mountain highway: a snapshot before construction of I-90 wildlife crossing structures. Pages 527-533 in P.J. Wagner, D. Nelson, and E. Murray, editors. Proceedings of the 2011 International Conference on Ecology and Transportation. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC.

- Jochimsen, D. M., C. R. Peterson, K. M. Andrews, et J. W. Gibbons. 2004. A literature review of the effects of roads on amphibians and reptiles and the measures used to minimize those effects. Rapport de l'US Forest Service. 79 pp.
- Joyce, T. L., et S. P. Mahoney. 2001. Spatial and temporal distributions of moose-vehicle collisions in Newfoundland. *Wildlife Society Bulletin* 29:281–291.
- Karraker, N. E., et J. P. Gibbs. 2011. Contrasting road effect signals in reproduction of long-versus short-lived amphibians. *Hydrobiologia* 664:213–218.
- Kaye, D. R., K. M. Walsh, E. L. Rulison, et C. C. Ross. 2005. Spotted Turtle use of a culvert under relocated Route 44 in Carver, Massachusetts. Pages 426-432 in C.L. Irwin, P. Garrett, and K.P. McDermott, editors. *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*. Raleigh, NC.: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.
- Kintsch, J., et P. C. Cramer. 2011. Permeability of existing structures for terrestrial wildlife: A passage assessment system. WA-RD 777.1. Washington State Department of Transportation, Olympia, WA.
- Kintsch, J., K. E. Gunson, et T. A. Langen. 2015. Engaging the public through public education and citizen science. Pages 94-110 in K. M. Andrews, P. Nanjappa, and S. P. D. Riley, editors. *Roads and Ecological Infrastructure: Concepts and Applications for Small Animals*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- Konze, K. et McLaren, M. 1997. Wildlife monitoring programs and inventory techniques for Ontario. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Northeast Science and Technology. Technical Manual TM-009. 139 pp.
- Kraus, T., B. Hutchinson, S. Thompson, et K. Prior. 2010. Recovery strategy for the Gray Ratsnake (*Pantherophis spiloides*) – Carolinian and Frontenac Axis populations in Ontario. Page vi + 23. Ontario Recovery Strategy Series. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough, Ontario.
- Laidig, K. J., et D. M. Golden. 2004. Assessing Timber Rattlesnake movements near a residential development and locating new hibernacula in the New Jersey Pinelands. Rapport non publié à la Pinelands Commission, New Lisbon, NJ. Source : <http://199.20.64.195/pinelands/images/pdf%20files/final%20Sanctuary%20report.pdf> (consultée le 10 avril 2014).
- Lang, J. W. 2000. Blanding's turtles, roads and culverts at Weaver Dunes. File report on culvert utilization, The Nature Conservancy and Minnesota Department of Natural Resources, Contract# CFMS AO 9492.
- Langen, T. A., A. Machniak, E. K. Crowe, C. Mangan, D. F. Marker, N. Liddle, et B. Roden. 2007. Methodologies for surveying herpetofauna mortality on rural highways. *The Journal of Wildlife Management* 71:1361–1368.

- Langen, T. A. 2011. Design considerations and effectiveness of fencing for turtles: three case studies along northeastern New York State highways. Pages 521-532 in P.J. Wagner, D. Nelson, and E. Murray, editors. Proceedings of the 2011 International Conference on Ecology and Transportation. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC.
- Langton, T. 2014. Safe passage for all: A review of the adoption of surface tunnels and stop channels on roadways for wildlife/road impact mitigation worldwide. Rapport préparé pour ACO Tunnel Safety Review, juillet 2014.
- Lawrence, D.P. 2003. Environmental Impact Assessment: Practical solutions to recurrent problems. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.
- Lesbarrères, D., T. Lodé, et J. Merilä. 2004. What type of amphibian tunnel could reduce road kills? *Oryx* 38:220–223.
- Lesbarrères, D., et L. Fahrig. 2012. Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? *Trends in Ecology and Evolution* 27:374–380.
- Liningier, M., et M. Perlik. 2014. Effectiveness of the TRU-88 wildlife roadway crossing culverts and exclusion fencing. Rapport non publié à l'Ohio Department of Transportation.
- MacKinnon, C. A., L. A. Moore, R. J. Brooks, G. Nelson, T. Nudds, M. Beveridge, et B. Dempster. 2005. Why did the reptile cross the road? Landscape factors associated with road mortality of snakes and turtles in the southeastern Georgian Bay area. Pages 18–25 Parks and Research Forum. Source : <http://casiopa.mediamouse.ca/wp-content/uploads/2010/05/PRFO-2005-Proceedings-p153-166-MacKinnon-Moore-and-Brooks.pdf> (consultée le 27 février 2014).
- MacNeil, J. E., G. Dharmarajan, et R.N. Williams. 2011. Salamarker: A code generator and standardized marking system for use with visible implant elastomers. *Herpetological Conservation and Biology* 6:260-265.
- Marchand, M. N., et J. A. Litvaitis. 2004. Effects of habitat features and landscape composition on the population structure of a common aquatic turtle in a region undergoing rapid development. *Conservation Biology* 18:758–767.
- Marsh, D., R. Page, T. Hanlon, R. Corritone, E. Little, D. Seifert, et P. Cabe, 2008. Effects of roads on patterns of genetic differentiation in red-backed salamanders, *Plethodon cinereus*. *Conservation Genetics* 9: 603–613.
- McDiarmid, R.W., M.S. Foster, C. Guyer, J.W. Gibbons, et N. Chernoff (Eds.). 2012. Reptile Biodiversity: Standard Methods for Inventory and Monitoring. Berkeley: University of California Press.
- Meese, R.G., F.M. Shilling, et J.F. Quinn. 2009. Wildlife crossings guidance manual. Rapport au California Department of Transportation. Sacramento, CA. 111 pp.

- Merrow, J. 2007. Effectiveness of amphibian mitigation measures along a new highway. Pages 370-376 in C.L. Irwin, D. Nelson, and K.P. McDermott, editors. Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation. Raleigh, NC.: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.
- ONTARIO. Ministère des Richesses naturelles. 2011. Massasauga search protocol where site alteration will occur in gestation habitat for Hwy 69/400 ESA authorization requirements. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, district de Parry Sound Sudbury. 5pp.
- ONTARIO. Ministère des Richesses naturelles. 2013. Reptile and Amphibian Exclusion Fencing: Best Practices, Version 1.0. Species at Risk Branch technical note. Préparé pour le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough, Ontario. 11 pp. Source : http://files.ontario.ca/environment-and-energy/species-at-risk/mnr_sar_tx_rptl_amp_fnc_en.pdf (consultée le 26 février 2014).
- ONTARIO. Ministère des Transports. 2012. Wildlife Habitat Awareness Signs. Policy Number 2012-03. Traffic Office, St. Catharines, Ontario.
- Ontario Wood Turtle Recovery Team. 2010. Recovery strategy for the Wood Turtle (*Glyptemys insculpta*) in Ontario. Page vi + 25. Ontario Recovery Strategy Series. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough, Ontario.
- Ottburg, F. G. W. A., et E. A. van der Grift. 2013. Effectiveness of road mitigation for preserving a common toad population. Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation. Affiche. Récupérée de http://www.icoet.net/ICOET_2013/proceedings.asp.
- Pagnucco, K. S., C. A. Paszkowski, et G. J. Scrimgeour. 2011. Using cameras to monitor tunnel use by Long-toed Salamanders (*Ambystoma macrodactylum*): an informative, cost-efficient technique. *Herpetological Conservation and Biology* 6:277–286.
- Pagnucco, K. S., C. A. Paszkowski, et G. J. Scrimgeour. 2012. Characterizing movement patterns and spatio-temporal use of under-road tunnels by long-toed salamanders in Waterton Lakes National Park, Canada. *Copeia* 2012:331–340.
- Painter, M. L., et M. F. Ingraldi. 2007. Use of simulated highway underpass crossing structures by flat-tailed horned lizards (*Phrynosoma mcallii*). Final Report 594. Arizona Department of Transportation, Phoenix, AZ.
- Parent, C et R. Black. 2006. Construction of artificial gestation sites for the Massasauga, Eastern Georgina Bay Population. Rapport non publié présenté au ministère des Richesses naturelles.
- Parren, S. G. 2013. A twenty-five year study of the Wood Turtle (*Glyptemys insculpta*) in Vermont: Movements, behavior, injuries, and death. *Herpetological Conservation and Biology* 8:176–190.
- Paterson, J. E., B.D. Steinberg, et J.D. Litzgus. 2013. Not just any old pile of dirt: evaluating the use of artificial nesting mounds as conservation tools for freshwater turtles. *Oryx* 47:607-615.
- Patrick, D.A., et Gibbs, J.P. 2009. Snake occurrences in grassland associated with road versus forest edges. *Journal of Herpetology* 43:716-720.

- Patrick, D. A., C. M. Schalk, J. P. Gibbs, et H. W. Woltz. 2010. Effective culvert placement and design to facilitate passage of amphibians across roads. *Journal of Herpetology* 44:618–626.
- Patrick, D. A., J. P. Gibbs, V. D. Popescu, et D. A. Nelson. 2012. Multi-scale habitat-resistance models for predicting road mortality “hotspots” for turtles and amphibians. *Herpetological Conservation and Biology* 7:407–426.
- Paulson, D. J. 2010. Evaluating the effectiveness of road passage structures for freshwater turtles in Massachusetts. Thèse de maîtrise ès sciences. University of Massachusetts, Amherst, Amherst, MA.
- Pojar, T.M., D. F. Reed, et T.C. Reseigh. 1975. Effectiveness of a lighted, animated deer crossing sign. *Journal of Wildlife Management* 39:87-91.
- Puky, M., J. Farkas, et M. T. Ronkay. 2007. Use of existing mitigation measures by amphibians, reptiles, and small to medium-size mammals in Hungary: crossing structures can function as multiple species-oriented measures. Pages 521-530 in C.L. Irwin, D. Nelson, and K.P. McDermott, editors. *Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation*. Raleigh, NC.: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.
- Puky, M., B. Mester, et T. Mechura. 2013. How much does size matter? Tunnel size significantly influence amphibian crossings at Parassapuszta, Hungary according to mid-term monitoring used to delineate mitigation measure improvement plans. *Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation*. Source : http://www.icoet.net/ICOET_2013/proceedings-poster-sessions.asp.
- Reconyx. 2010. HyperFire™ instruction manual. Holman, Wisconsin.
- Reed, D. F., T. D. I. Beck, et T. N. Woodward. 1979. Regional deer-vehicle accident research. FHWA-RD-79-11. US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- Riley, J. L., J. H. Baxter-Gilbert, et J. D. Litzgus. 2013. A trifecta of insight: merging field biology, infrastructure planning and aboriginal community knowledge to design successful highway mitigation for at-risk reptiles. *Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation*. Source : http://www.icoet.net/ICOET_2013/proceedings.asp (consultée le 27 février 2014).
- Roberts, D. 2010. Mitigation of Red-sided Garter Snake mortality on provincial trunk Highway #17 at the Narcisse snake dens: A progress report. Rapport non publié à Manitoba Conservation.
- Robertson, C., N. Richards et M. Karch. 2013. Standard turtle handling and research practices and protocols. Préparé pour l’Ontario Turtle Conservation Group.
- Robson, L. E., and G. Blouin-Demers. 2013. Eastern Hognose Snakes (*Heterodon platirhinos*) avoid crossing paved roads, but not unpaved roads. *Copeia* 2013:507–577.
- Roedenbeck, I. A., L. Fahrig, C. S. Findlay, J.E. Houlahan, J. A. G. Jaeger, N. Klar, S. Kramer-Schadt et E. A. van der Grift. 2007. The Rauschholzhausen agenda for road ecology. *Ecology and Society* 12: 11. [en ligne] URL : <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art11/>

- Rogers, L., D. Stimson, K. Holden, D. Kay, D. Kaye, R. McAdow, B. Metcalfe, B. Windmiller, et N. Charney. 2009. Wildlife tunnels under a busy, suburban Boston roadway. Pages 102-115 in P.J. Wagner, D. Nelson, and E. Murray, editors. Proceedings of the 2009 International Conference on Ecology and Transportation. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.
- Rosen, P. C., et C. H. Lowe. 1994. Highway mortality of snakes in the Sonoran Desert of southern Arizona. *Biological Conservation* 68:143–148.
- Rouse, J. 2005. Monitoring the Eastern Massasauga and Eastern Hog-nosed Snake along the Highway 69 Extension. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Parry Sound, ON.
- Rouse, J. D., R. J. Willson, R. Black, et R. J. Brooks. 2011. Movement and spatial dispersion of *Sistrurus catenatus* and *Heterodon platirhinos*: implications for interactions with roads. *Copeia* 2011: 443–456.
- Row, J. R., G. Blouin-Demers, et P. J. Weatherhead. 2007. Demographic effects of road mortality in Black Ratsnakes (*Elaphe obsoleta*). *Biological Conservation* 137:117–124.
- Rytwinski, T., et L. Fahrig. 2012. Do species life history traits explain population responses to roads? A meta-analysis. *Biological Conservation* 147:87–98.
- Santos, S. M., F. Carvalho, et A. Mira. 2011. How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *PloS one* [electronic resource] 6:e25383–e25383.
- Schmidt, B. R., et S. Zumbach. 2008. Amphibian road mortality and how to prevent it: A review. Pages 157–167 in J. C. Mitchell, R. E. Jung Brown, and B. Bartolomew, editors. *Urban Herpetology*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- Seburn, D. C. 2007. Recovery strategy for species at risk turtles in Ontario. Rapport provisoire à l'équipe Ontario Multi-species Turtles at Risk Recovery Team, Ontario, Canada.
- Semlitsch, R. D. 2008. Differentiating migration and dispersal processes for pond-breeding amphibians. *Journal of Wildlife Management* 72:260-267.
- Shine, R., M. Lemaster, M. Wall, T. Langkilde, et R. Mason. 2004. Why did the snake cross the road? Effects of roads on movement and location of mates by garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). *Ecology and Society* 9:9.
- Slater, F. M. 2002. An assessment of wildlife road casualties—the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. *Web Ecology* 3:33–42.
- Smith, D. J. 2003. Monitoring wildlife use and determining standards for culvert design. Rapport non publié au Florida Department of Transportation.
- Smith, D. J., D. Marsh, K. E. Gunson, et S. Tonjes. 2015. Monitoring and adaptive management of road impacts and mitigation. Pages 240-261 in K. M. Andrews, P. Nanjappa, and S. P. D. Riley, editors. *Roads and Ecological Infrastructure: Concepts and Applications for Small Animals*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.

- Smith, D. J., et R. F. Noss. 2011. A reconnaissance study of actual and potential wildlife crossing structures in Central Florida, final report. UCF-FDOT Contract No. BDB-10. Florida Department of Transportation.
- Steen, D. A., et J. P. Gibbs. 2004. Effects of roads on the structure of freshwater turtle populations. *Conservation Biology* 18:1143–1148.
- Steen, D.A., J.P. Gibbs, K.A. Buhlmann, J.L. Carr, B.W. Compton, J.D. Congdon, J.S. Doody, J.C. Godwin, K.L. Holcomb, D.R. Jackson, F.J. Janzen, G. Johnson, M.T. Jones, J.T. Lamer, T. Langen, M.V. Plummer, J.W. Rowe, R.A. Saumure, J.K. Tucker, et D.S. Wilson. 2012. Terrestrial habitat requirements of nesting freshwater turtles. *Biological Conservation* 150:121–128.
- Taylor, B. D., et R. L. Goldingay. 2003. Cutting the carnage: wildlife usage of road culverts in north-eastern New South Wales. *Wildlife Research* 30:529–537.
- Taylor, P. D., L. Fahrig, K. Henein, et G. Merriam. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68:571–573.
- Torres, A., C. Palacín, J. Seoane, et J.C. Alonso. 2011. Assessing the effects of a highway on a threatened species using Before–During–After and Before–During–After–Control–Impact designs. *Biological conservation* 144, 2223–2232.
- TRCA. 2013. Heart Lake Road Ecology Volunteer Monitoring Project, Phase II. Toronto and Region Conservation Authority (TRCA), Toronto, Ontario. Source : <http://www.trca.on.ca/dotAsset/187823.pdf>
- van der Grift, E., F. Ottburg, et R. Snep. 2009. Monitoring wildlife overpass use by amphibians: Do artificially maintained humid conditions enhance crossing rates? Pages 341-347 in P.J. Wagner, D. Nelson, and E. Murray, editors. *Proceedings of the 2009 International Conference on Ecology and Transportation*. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.
- van der Grift, E. A., S. Findlay, R. van der Ree, L. Fahrig, J. Houlahan, L. F. Madriñan, J.A.G. Jaeger, Nina Klar, et L. Olson. 2013. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity Conservation* DOI 10.1007/s10531-012-0421-0.
- van der Ree R., J.A.G. Jaeger, T. Rytwinski, et E. van der Grift. 2015. Good science and experimentation are needed in road ecology. Pages 71-81 in: R. van der Ree, C. Grilo, and D. Smith, editors. *Handbook of Road Ecology*. Wiley Publications.
- van Gelder, J.J. 1973. A quantitative approach to the mortality resulting from traffic in a population of *Bufo bufo* L. *Oecologia* 13: 93-95.
- Vos, C. C., et J. P. Chardon. 1998. Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*. *Journal of Applied Ecology* 35:44–56.
- Whitelock, C. 2014. 2013 Long Point causeway monitoring and adaptive management report. Rapport non publié.
- Willson, R. J., et G. M. Cunnington. 2014. DRAFT Recovery strategy for the Blue Racer (*Coluber constrictor foxii*) in Ontario. Page vi + 35. Ontario Recovery Strategy Series. Préparé pour le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough, Ontario.

- Willson, R.J. 2005. Artificial hibernation site construction for Eastern Massasaugas in Georgian Bay. Rapport présenté au ministère des Richesses naturelles de l'Ontario.
- Wilson, J.S. and S. Topham. 2009. The negative effects of barrier fencing on the Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*) and non-target species: is there room for improvement? Contemporary Herpetology 2009:1-4.
- Wind, E. 2014. Amphibian road surveys and mitigation assessments at Wake Lake on Vancouver Island in 2012. Rapport non publié au ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique.
- Woltz, H. W., J. P. Gibbs, et P. K. Ducey. 2008. Road crossing structures for amphibians and reptiles: informing design through behavioral analysis. Biological Conservation 141:2745–2750.
- Yannis, I. 2011. Effectiveness of road barriers and underpasses for reptiles: The case of Milos viper (*Macrovipera schweizeri*). Proceedings of the 2011 IENE conference.
- Yorks, D. T., P. R. Sievert, et D. J. Paulson. 2011. Experimental tests of tunnel and barrier options for reducing road mortalities of freshwater turtles. Pages 1034 in P.J. Wagner, D. Nelson, and E. Murray, editors. Proceedings of the 2011 International Conference on Ecology and Transportation. Center for Transportation and the Environment, Raleigh, NC.

9 ANNEXES

Annexe A : Habitats utilisés par les espèces amphibiennes et reptiliennes en péril et déplacements de ces espèces

Résumé général des habitats saisonniers des espèces amphibiennes et reptiliennes en péril en Ontario, des distances parcourues lorsque ces espèces se déplacent à l'intérieur de leurs habitats ou d'un habitat à l'autre, ainsi que des périodes durant lesquelles ces déplacements surviennent. Le texte en gras indique un risque élevé de mortalité attribuable à la circulation routière pour les espèces en question durant les mois indiqués. Le résumé est fondé sur un examen des rapports du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC), sur les programmes de rétablissement, sur les Règlements sur l'habitat de la *Loi de sur les espèces en voie de disparition* (LEVD) et sur les descriptions d'habitat de la LEVD. Tous les rapports du COSEPAC qui ont servi à éclairer l'élaboration du présent tableau sont indiqués dans la section « Références » du présent document. L'information a été tirée, dans quelques-uns des cas, auprès d'autres sources, qui seront alors indiquées. Des résumés plus détaillés devraient être créés pour chaque espèce visée pour chaque projet mené.

Espèce	Nom scientifique	Habitat		Domaine vital	Déplacements	Période de déplacement
		Printemps et été	Hiver			
Salamandre						
Salamandre de Jefferson	<i>Ambystoma jeffersonianum</i>	Habitat de reproduction au printemps : étangs temporaires ou autres étangs sans poissons (Helferty, 2002); Résumé : forêt caducifoliée ou mixte des hautes terres	Fissures rocheuses profondes et terriers sous la ligne de gel dans des habitats forestiers des hautes terres	Généralement à 300 m ou moins d'une terre humide	Les adultes peuvent se déplacer jusqu'à 1 km, mais en général jusqu'à 300 m de l'habitat de reproduction; les juvéniles, jusqu'à 100 m.	Migration massive des adultes pour leur reproduction de la fin mars à la fin avril; dispersion juvénile en juillet et en août
Crapaud						
Crapaud de Fowler	<i>Anaxyrus fowleri</i>	Habitat de reproduction au printemps : étangs peu profonds, rives sablonneuses de baies et terres humides, étangs temporaires, bassins à substrat rocheux; Été : dunes de sable, barres de sable et plages le long de la rive du lac Érié	Terriers dans du sable humide le long de la rive du lac Érié tout juste au dessus de la surface de la nappe et sous la ligne de gel	À quelques centaines de mètres de la rive du lac Érié	Ils se déplacent généralement sur une distance de quelques centaines de mètres en été; des migrations saisonnières allant jusqu'à 1 km sont typiques	Migration des adultes pour leur reproduction en mai et en juin; dispersion juvénile en août et en septembre
Tortues						
Tortue mouchetée	<i>Emydoidea blandingii</i>	Lacs eutrophes peu profonds, rivières à cours lent, cours d'eau, marais, tourbières oligotrophes, tourbières minérotrophes ouvertes avec lieux de pré-lassement au soleil et végétation dense, boisés de hautes terres; nidification dans de la terre meuble (y compris accotements de chemin)	Terres humides permanentes et autres plans d'eau; parfois mares temporaires (Glenside Ecological Services, 2011)	Jusqu'à 3 km ²	En général, les adultes se déplacent entre les sites de nidification et d'hibernation sur une distance de 2 km, quoique des migrations plus longues aient été consignées par le passé; les alevins se déplacent sur une distance de 400 m vers l'eau (M. Gartschore, F. Schueler, comm. pers.)	Au printemps, la migration des sites d'hibernation vers l'habitat estival se fait d'avril au début mai; migration des adultes pour la nidification, de la fin mai au début juillet; Déplacement entre des terres humides en été; les alevins et les adultes se déplacent vers les zones d'hivernage pendant les mois d'automne

Espèce	Nom scientifique	Habitat		Domaine vital	Déplacements	Période de déplacement
		Printemps et été	Hiver			
Tortue musquée	<i>Sternotherus odoratus</i>	Eaux peu profondes avec végétation flottante et submergée abondante; nidification près de l'eau directement exposés au soleil	Comme en été; enfoui à 30 cm dans la boue	Se limite à des plans d'eau précis	Les déplacements par terre sont limités; cette espèce a tendance à construire son nid sur les rivages	Migration des adultes vers les sites de nidification, de juin au début juillet
Tortue serpentine	<i>Chelydra serpentina</i>	Eau à faible courant avec substrat de boue meuble et végétation dense; nid sur berges de sable et de gravier, chemins (Patrick et coll., 2012, M. Karch, F. Schueler, comm. pers.)	Sous des tapis de végétation flottante, des billes, surplombant des berges de cours d'eau et de lacs, ou enfoui dans de la boue	Jusqu'à 0,09 km ²	Les adultes se déplacent sur une distance allant de 0,5 à 5 km par rapport au gîte d'hibernation pour se trouver un site de nidification	Au printemps, la migration des sites d'hibernation vers l'habitat estival se fait d'avril au début mai; la migration vers les sites de nidification, de la fin mai au début juillet; les alevins quittent pour l'eau au début de l'automne.
Tortue-molle à épines	<i>Apalone spinifera</i>	Lacs ou rivières à eau peu profonde et à substrat boueux ou sableux, bassins profonds, seuils et bras; nidification dans des zones ensoleillées avec une fine couche de substrat de gravier ou de sable près de l'eau	Rivières avec bassins profonds (>1 m de profondeur)	Se limite à un seul plan d'eau	Cette espèce quitte rarement l'eau; nids près de l'eau	Nidification chez les adultes, de juin au début juillet

Espèce	Nom scientifique	Habitat		Domaine vital	Déplacements	Période de déplacement
		Printemps et été	Hiver			
Tortue ponctuée	<i>Clemmys guttata</i>	Terres humides à eau à faible courant ou à eau calme peu profonde avec végétation aquatique (tourbières minérotrophes, tourbières oligotrophes, marais et bassins rocheux); estivation et déplacements dans des boisés de hautes terres; accouplement dans des bassins de zones boisées à proximité des abris d'hiver; nidification dans des lieux ensoleillés dans les hautes terres (Glenside Ecological Services 2011, Patrick et coll., 2012)	Cavernes rocheuses dans des lacs, sous des tertres et dans des terriers dans des terres humides riches en sphaigne, et dans des caries radicales dans des marécages	Domaine vital : 0,04 km ²	Les adultes peuvent se déplacer sur une distance moyenne de 1 120 m en provenance du gîte d'hibernation ou en partance de celui-ci, pour se trouver un site de nidification, et durant les déplacements entre des terres humides; ils se déplacent en moyenne sur une distance de 250 m, de la terre humide au nid (Joyal et coll., 2001).	Migration des adultes vers les sites de nidification, de fin mai à juin; déplacements à l'intérieur des terres humides en été; migration au printemps et à l'automne en provenance du gîte d'hibernation et en partance de celui-ci
Tortue géographique	<i>Graptemys geographica</i>	Rivières, cours d'eau, ruisseaux et lacs peu profonds et bien oxygénés avec lieux de prélassement contigus à l'eau profonde; nidification dans des plages de sable doux ou dans un sol entièrement exposé au soleil	Dans des creux profonds au fond de lacs ou de rivières	Domaine vital : 1,2 – 13,5 km ² (généralement à l'intérieur de la voie navigable)	Cette espèce voyage à l'intérieur des terres à la recherche de sites de nidification de 35 à 100 m de l'eau	Saison de nidification des adultes, début juin à fin juillet; migration en partance pour les gîtes d'hibernation ou en provenance de ceux-ci, avril - début mai et fin août - octobre
Tortue des bois	<i>Glyptemys insculpta</i>	Cours d'eau limpide aux substrats de sable ou de gravier, fourrés d'aulne, zones forestières des hautes terres; nidification sur des plages de sable ou de sable mêlé de gravier et terres agricoles, accotements routiers (Glenside Ecological Services, 2011)	Au fond de bassins profonds de cours d'eau	Domaine vital : jusqu'à 1,5 km ²	Les femelles adultes se déplacent vers les sites de nidification; leur domaine vital est généralement de 2 km de long; beaucoup de déplacements dans les habitats de hautes terres durant toute la saison active, généralement à 300 m ou moins de l'eau (K. Barrett, comm. pers.)	Migration des adultes vers les sites de nidification, fin mai au début de juillet

Espèce	Nom scientifique	Habitat		Domaine vital	Déplacements	Période de déplacement
		Printemps et été	Hiver			
Serpents						
Couleuvre agile bleue	<i>Coluber constrictor foxii</i>	Habitat de lisière, champs, terrains boisés avec piles de végétation ou roches exposées au soleil; nidification dans des matières organiques en décomposition, grumes et sous des roches entièrement exposées au soleil	Crevasses dans la plaine de calcaire de l'île Pelée et dans des tas de roches et de terre	Se limite à l'île Pelée	Les adultes voyagent jusqu'à 2,7 km de leurs hibernacula pour se trouver un compagnon, lieux de nidification; les alevins traversent les chemins depuis leurs nids	Période de reproduction en avril et mai; dispersion des nouveau-nés en juillet et août; déplacements vers les hibernacula en septembre et octobre
Couleuvre à petite tête	<i>Thamnophis butleri</i>	Praires, pâturages, terres stériles et autres habitats ouverts; prélassement sur les routes; naissance vivante sous terre	Terriers de petits animaux, monticules de fourmis, digues rocheuses, éventuellement terriers d'écrevisses (M. Gartshore, comm. pers.)	À l'intérieur d'un habitat spécialisé restreint par les routes	La plupart des adultes ne se déplacent que sur quelques centaines de mètres des hibernacula durant la saison active, quoique certains parcourent jusqu'à >1 km	Période de reproduction en avril et mai; dispersion des nouveau-nés en juillet et août; déplacements vers les hibernacula en septembre et octobre
Couleuvre fauve de l'Est, population de la Baie Georgienne	<i>Pantherophis gloydi</i>	Landes rocheuses, marais de prés côtiers, terrains boisés et clairières forestières; nidification dans des tas de végétation en décomposition, des fissures rocheuses	Fissures dans du granite ou du calcaire	Domaine vital linéaire : 3,5 km	Beaucoup de déplacements durant toute la saison active vers les sites d'alimentation, de nidification et d'hibernation; les serpents de la population carolinienne se déplacent dans des couloirs de végétation pour se trouver un habitat	Période de reproduction en avril et mai; dispersion des nouveau-nés en juillet et août; déplacements vers les hibernacula en septembre et octobre
Couleuvre fauve de l'Est, population carolinienne	<i>Pantherophis gloydi</i>	Complexes de terres humides, terres non boisées au stade pionnier, haies-basses, zones riveraines, terrains boisés; nidification dans des tas de végétation en décomposition et des arbres tombés, des terriers en bordure de route, sous des dalles de béton	Fissures dans des roches calcaires de fond, terriers de mammifères, fissures dans des racines d'arbres, différents ouvrages érigés par l'homme	Domaine vital linéaire : jusqu'à 1,5 km, selon l'étendue de l'habitat disponible		

Espèce	Nom scientifique	Habitat		Domaine vital	Déplacements	Période de déplacement
		Printemps et été	Hiver			
Couleuvre à nez plat	<i>Heterodon platirhinos</i>	Zones sableuses ou sol bien drainé dans des forêts claires, bordures de forêt ou habitats broussailleux; parfois terres humides à proximité de plantations de conifères; nidification dans des espaces ouverts orientés vers le sud, sous des bois de grève ou dans des fissures dans le roc du Bouclier (Glenside Ecological Services, 2011)	Hibernation dans des terriers de terres hautes creusés par des serpents, dans des caries radiculaires ou dans des terriers de mammifères abandonnés (Glenside Ecological Services, 2011)	Domaine vital : >1 km ²	Cette espèce se déplace beaucoup durant la saison; les adultes peuvent se déplacer >4 km des hibernacula; la distance maximale de déplacements chez les adultes est de 6,2 km	Période de reproduction au printemps et à la fin de l'été; dispersion des nouveau-nés et déplacements vers les hibernacula en automne
Couleuvre mince	<i>Thamnophis sauritus</i>	Terres humides, rivages, mares vaseuses et marécages. Parfois donnent naissance ou cherchent un abri dans les hautes terres. Vivipares.	Terriers d'animaux souterrains, ainsi que fissures et crevasses allant de bien drainées à complètement submergées	Petit domaine vital, p. ex. < 0,007 km ² à l'intérieur de leur habitat en terres humides	On les trouve généralement à 10 m ou moins de l'eau; il arrive qu'elles se déplacent jusqu'à 200 m de l'eau pour donner naissance ou pour passer l'hiver	Période de reproduction au printemps et naissance en juillet et août; dispersion des nouveau-nés et déplacements vers les hibernacula en septembre et en octobre
Couleuvre obscure	<i>Pantherophis spiloides</i>	Bordures de forêt et forêts claires; se cachent dans des bûches creuses ou des arbres creux, sous des roches et dans des fissures rocheuses; les femelles gestantes préfèrent des grands arbres; nichent en groupe dans des chicots sur pied, des souches, des bûches et tas de compost (S. Thompson, comm. pers.)	Hibernacula humides (fissures dans des rochers) sous la ligne de gel	En moyenne 0,18 km ²	Les adultes peuvent se déplacer jusqu'à 4 km des hibernacula, aller-retour	Période de reproduction des adultes de la fin mai au début juin; dispersion des nouveau-nés et déplacements vers les hibernacula en automne

Espèce	Nom scientifique	Habitat		Domaine vital	Déplacements	Période de déplacement
		Printemps et été	Hiver			
Couleuvre d'eau du lac Érié	<i>Nerodia sipedon insularum</i>	Rivages de calcaire avec soubassement rocheux et fissures, plages de cailloux, zones graveleuses ou sableuses avec débris. Utiliseront aussi des carrières inondées et fossés de drainage en été. Vivipares.	Hibernacula communs dans l'arrière-pays : cavités et fissures dans des carrières, tas de terre et de roches, fissures dans le fond rocheux, masses racinaires d'arbres et tanières d'animaux	Généralement le long de rivages	Se limitent généralement aux rivages durant la saison active, mais peuvent parcourir plusieurs centaines de mètres dans l'arrière pays en direction des hibernacula	Période de reproduction des adultes, de la fin mai au début juin; dispersion des nouveau-nés et déplacements vers les hibernacula en automne
Massasauga, population des Grands Lacs	<i>Sistrurus catenatus</i>	Habitats avec couvert forestier bas (landes rocheuses, clairières forestières, alvars, prairies de castor, marais, tourbières oligotrophes and rivages); vivipares : sites de gestation dans des habitats ouverts (p. ex. lande rocheuse), souvent avec de grandes amoncellements rocheux et végétation basse	Zones boisées dans Northern Bruce Peninsula; terres humides sur le côté est de la baie Georgienne; terriers de mammifères, vieilles racines et fissures dans le roc qui s'étendent sous la ligne de gel avec accès à la nappe aquifère	Domaine vital : 0,25 km ²	Peuvent se déplacer >1 km des hibernacula, aller-retour; distance maximale des déplacements chez les adultes : 4 km; distance maximale des déplacements chez les juvéniles : 400 m	Période de reproduction, juillet - août; dispersion des nouveau-nés, juillet - août; déplacements en partance pour les hibernacula ou en provenance de ceux-ci, début mai et septembre
Massasauga, population carolinienne	<i>Sistrurus catenatus</i>	Milieux broussailleux ouverts et piles de débris de bois laissés par l'humain. Également champs herbeux semblables à des prairies, terres humides et haies en été. Vivipares.				

Espèce	Nom scientifique	Habitat		Domaine vital	Déplacements	Période de déplacement
		Printemps et été	Hiver			
Couleuvre tachetée	<i>Lampropeltis triangulum</i>	Forêts, terrains boisés, champs, affleurements rocheux, clairières forestières et bordures de terres humides	Terriers de mammifères, anciennes fondations, vieux puits, bancs de gravier et de terre, bûches creuses, souches en décomposition	Domaine vital : jusqu'à 0,02 km ²	Distance maximale des déplacements chez les adultes : 400 m ou plus durant la saison active	Période de reproduction au printemps; dispersion des nouveau-nés en juillet et août; déplacements vers les hibernacula en septembre et en octobre
Couleuvre royale	<i>Regina septemvittata</i>	Rivages rocheux de cours d'eau, de rivières et de lacs, terres humides, étangs, terres humides, marais de prés avec pleine exposition au soleil	Sous terre à proximité de l'eau	Domaine vital linéaire (le long des voies d'eau) : 250 m	La distance maximale des déplacements le long des voies d'eau est de 250 m, mais il arrive que des déplacements de dispersion > 1 km surviennent; on les trouve à 15 m ou moins de l'eau durant la saison active, mais les déplacements dans l'arrière-pays vers les hibernacula peuvent se faire sur plusieurs centaines de mètres	Migration en partance pour les hibernacula ou en provenance de ceux-ci, début avril - à la mi-mai et de nouveau à l'automne
Lézard						
Scinque pentaligne	<i>Plestiodon fasciatus</i>	Grands Lacs : étendues rocheuses ouvertes dans les forêts Carolinienne : dunes de sables stables jonchées de débris de bois, forêts claires, terres humides	Comme au printemps, hibernent dans des fissures dans le roc ou s'enfouissent dans la terre	Domaine vital : 270 – 578 m ²	Se déplacent généralement sur de courtes distances, les adultes se déplaçant jusqu'à 210 m et les juvéniles jusqu'à 110 m	Accouplement en mai ou au début de juin

Annexe B : Définitions

Connectivité – La mesure dans laquelle le paysage facilite ou entrave le déplacement entre les bancs de ressources (Taylor et coll., 1993)

Buse en tôle d'acier ondulée (TAO) – Ponceau rond ou elliptique fait en tôle d'acier ondulée

Structure de passage – Terme employé pour désigner de façon générale les mesures d'atténuation prises sur les routes pour permettre à la faune de les traverser en toute sécurité

Ponceau – Terme employé pour désigner de façon générale un type de structure de passage inférieur utilisé couramment pour faire passer l'eau sous les ouvrages routiers; dans le contexte du présent document, cette structure peut être rectangulaire ou ronde

Ponceau arqué – Partie d'un ponceau rond permettant l'aménagement d'un terrain naturel

Tuyau de ponceau – Drain ou tuyau permettant à l'eau de circuler sous une route ou une voie ferrée

Information sur le terrain – Information obtenue sur place dans le corridor routier ou à proximité de ce dernier (à quelques centaines de mètres), qui apporte des éclaircissements en matière d'incidences

Échelle du paysage – Région d'étude plus vaste incluant éventuellement un territoire entier, où de l'information pour un territoire entier est disponible, qui est généralement disponible dans un GIS et qui apporte des éclaircissements sur l'incidence générale des routes

Grands travaux d'aménagement des routes – Comprennent les prolongements de route, les nouveaux tracés routiers et les travaux d'amélioration de routes tels que l'élargissement de deux voies pour en créer quatre.

Viabilité de la population – La capacité d'une population de persister et d'éviter son extinction à l'échelle locale

Gamme de longueur – Distance maximale dans le domaine vital de l'animal

Évaluation régionale – Réunion de tous les intervenants de différentes compétences et de toutes les données sur les paysages à l'intérieur de l'aire d'étude d'impact pour élaborer un plan d'atténuation

Interface route-habitat – Habitat adjacent à la route qui convient aux espèces cibles et qui est utilisé par celles-ci

Projet de réfection des routes – Comprend le remplacement de ponts et de pavages réalisé dans le cadre de notre programme d'immobilisations plutôt que dans le cadre de notre programme d'entretien

Lanterneau – Structure sur un tunnel permettant à la lumière ambiante de pénétrer dans la structure

Espèces cibles – Espèces pour lesquelles les mesures d'atténuation ont été conçues; il peut s'agir d'une, de deux ou de plusieurs espèces touchées par les routes

Tunnel – Type de structure de passage installée sous la surface de la route pour faciliter le passage des animaux; dans le contexte du présent document, les spécifications sont < 3 m de long

Tunnel à fond fermé – Fond de tunnel fait avec du matériau de gros œuvre

Tunnel à fond ouvert – Le fond du tunnel n'est pas fait avec un matériau de gros œuvre et est constitué d'une structure de béton à trois (3) côtés, un tuyau arqué en aluminium ou en tôle d'acier ondulée

Tunnel à grille ouverte – Permet à la lumière ambiante de passer à travers une structure de grille traditionnelle placée sur des assises

Tunnel à toit ouvert – Permet à la lumière ambiante de passer à travers les ouvertures ou les fentes dans le haut du tunnel; les ouvertures doivent être au niveau de la surface routière

Tunnel terrestre – Tunnel sec installé pour faciliter les déplacements par terre des amphibiens et des reptiles

Passage inférieur – Terme désignant les mesures structurelles, telles que les ponceaux, les ponts et les viaducs, installées sous des routes pour permettre aux animaux de les traverser en toute sécurité

Annexe C : Structures de passage – Résumé des ouvrages consultés

Examen des structures de passage et des clôtures installées pour les salamandres			
Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Projets avec passages confirmés			
Salamandre à longs doigts (<i>Ambystoma macrodactylum</i>)	Aucune confirmation qu'une salamandre située à >16 m d'un tunnel le traverse. Tunnels à ~200 m les uns des autres. Clôtures non orientées vers les tunnels.	Six structures installées, deux faisant l'objet d'une surveillance. Tunnels à toit ouvert en polymère ACO de deux tailles différentes : 0,47 x 0,32 m (L x H); 0,23 x 0,21 (L x H). Aucune indication quant à la taille des tunnels ayant fait l'objet d'une surveillance. Tunnels de 11,1 m et de 12,0 m de long.	Allaback et Laabs, 2002
Salamandre tigrée de Californie (<i>Ambystoma californiense</i>)	Les salamandres utilisent volontiers les tunnels. Certains individus ont hésité à entrer dans les tunnels.	Trois tuyaux en acier de 0,25 m de diamètre, ~20 m de long. Tunnels ~35 m les uns des autres.	Bain, 2014
Salamandre foncée (<i>Ambystoma gracile</i>), triton rugueux (<i>Taricha granulosa</i>) et salamandre à dos rayé (<i>Plethodon vehiculum</i>)	Voie de migration connue des grenouilles à pattes rouges (<i>Rana aurora</i>), qui est toutefois utilisée aussi par cette espèce. Les salamandres rayées et les tritons juvéniles peuvent grimper les clôtures.	Ponceau rectangulaire en béton de 1,8 x 0,9m (L x H). Rempli à moitié de terre et de débris ligneux gisants.	Beasley, 2013
Salamandre maculée (<i>Ambystoma maculatum</i>)	Au moins 76 % des salamandres qui atteignent l'entrée d'un tunnel parviennent à le traverser. Les entrées de tunnel sombres peuvent dissuader certaines salamandres d'y pénétrer.	Deux tunnels ACO à toit ouvert, taille non précisée. Tunnels de 7 m de long et à ~60 m les uns des autres.	Jackson et Tynning, 1989, Jackson 1996

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Salamandre à longs doigts	Plus de 100 salamandres prises dans des pièges à la sortie de tunnels en 2009, mais seulement 23 % des salamandres marquées à la clôture de déviation ont été aperçues en train de sortir des tunnels.	Quatre tunnels ACO à toit ouvert, 0,5 x 0,33m (L x H) et ~12 m de long. Tunnels 80 à 110 m les uns des autres.	Pagnucco et coll. 2011, 2012
Projets sans passages confirmés			
Salamandre de Jefferson (<i>Ambystoma jeffersonianum</i>)	Aucune n'a été aperçue en train de franchir des tunnels. Très peu ont été aperçues loin des routes. Murs de guidage non orientés vers les entrées de tunnel.	5 tunnels installés. Quatre buses en TAO de 1,2 m de diamètre ou béton, et un ponceau elliptique de 1,7 m de large. Tunnels de 25 à 31 m de long.	Gartshore et coll., 2005
Salamandre maculée	Après trois années de surveillance, aucune confirmation que des amphibiens utilisent ces ouvrages. Aucune confirmation des voies de migration avant la construction.	2 ponts, 1 ponceau rectangulaire en béton de 1,2 x 1,2 m. Structure de 17 m de long et au niveau du sol.	Morrow, 2007
Expériences dans un laboratoire en plein air			
Salamandre maculée	Aucune différence statistique importante n'a été constatée dans les déplacements dans les ponceaux en fonction des longueurs, des diamètres et des substrats analysés. Trente pour cent plus de salamandres ont utilisé le plus grand tunnel que le plus petit tunnel.	Ponceaux expérimentaux le long de la voie de migration, pas sous la route. Tuyaux PVC ondulé de 0,3, de 0,6 et de 0,8 m de diamètre, et de 3, de 6 ou de 9 m de long mis à l'essai. Trois types de substrats également mis à l'essai : plastique nu, sable/gravier et béton.	Patrick et coll., 2010

Examen des structures de passage et des clôtures installées pour les crapauds

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Projets avec passages confirmés			
Crapaud de l'Ouest (<i>Anaxyrus boreas</i>)	Tunnel utilisé par 1 700 à 7 000 + « crapelets » qui quittent l'étang de reproduction. Grand nombre d'entre eux tués sur la route aux extrémités de clôture.	Un ponceau semi-circulaire à toit fermé avec terre battue. 1,8 x 0,5 m (L x H) x 3,7 m de long.	Biolinx, 2013
Crapaud d'Amérique (<i>Anaxyrus americanus</i>)	Confirmation des crapauds d'Amérique sont passés par le tunnel.	Cinq (5) tunnels à toit fermé, principalement de 1,2 m de diamètre en TAO ou en béton, mais un ponceau elliptique de 1,7 m de large; 25-31 m de long.	Gartshore et coll., 2005
Crapaud commun (<i>Bufo bufo</i>)	Tous les crapauds ont été marqués. 40 % sont passés par les tunnels, 27 % ont contourné la clôture, 33 % n'ont pas traversé.	Deux (2) tunnels ACO à toit ouvert en béton, fond de ~0,5 m de large; 0,33 m de haut. Pas de terre dans le fond.	Ottburg and van der Grift 2013
Crapaud de l'Ouest	Sept (7) pris dans des pièges à la sortie.	Quatre (4) ponceaux rectangulaires ACO à toit ouvert, de 0,5 m de large et de 0,33 m de haut et ~12 m de long. Fentes le long du dessus. Tunnels espacés de 80 à 110 m les uns des autres.	Pagnucco et coll., 2012
Crapaud commun (<i>Bufo bufo</i>)	Les grands ponceaux rectangulaires sont utilisés plus souvent que les ponceaux ronds plus petits.	Quatre (4) types. Ponceaux en béton de 0,4 et de 0,6 m de diamètre; ponceaux rectangulaires de 1,6 et de 1,7 m de haut (largeurs non précisées, mais d'après les photos semblent varier).	Puky et coll., 2013
Crapaud de l'Ouest	Les crapelets qui quittent l'étang de reproduction pour se disperser traversent par milliers les ponceaux.	Deux (2) buses en TAO, les deux de 0,4 m de diamètre.	Wind, 2014
Expériences dans un laboratoire en plein			
Grenouilles et crapauds de France	Les crapauds ont utilisé autant les tunnels avec terre que ceux sans terre.	Ponceau en béton de 0,5 m de diamètre. Béton nu et avec couche de terre ont été comparés.	Lesbarrères et coll., 2004

Recherche sur les structures de passage pour tortues

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Projets avec passages confirmés			
Tortue mouchetée (<i>Pseudemys floridana floridana</i>), trachémyde écrite (<i>Trachemys scripta</i>) et trionyx de Floride (<i>Apalone ferox</i>)	Ce sont principalement les pseudémydes et les trachémydes qui traversent le ponceau.	Tuyau de ponceau de 3,5 m de diamètre (46,6 m de long).	Aresco, 2005
Tortue mouchetée (<i>Emydoidea blandingii</i>), tortue serpentine (<i>serpentina</i>)	Chaque tortue mouchetée est passée par le ponceau jusqu'à 13 fois. Des tortues serpentes sont également passées par le ponceau, mais aucun chiffre n'a été fourni. Pratiquement aucune tortue tuée sur la route (2 en 2 ans).	Ponceau en tôle d'acier ondulée de 1,8 m de diamètre, et de 25 m de long, préexistant, avec sédiments et eau durant toute l'année.	Caverhill et coll., 2011
Tortue ponctuée (<i>Clemmys guttata</i>)	Il a été confirmé qu'au moins sept (7) tortues sont passées par le tunnel. D'autres tortues ont sans doute également utilisé le tunnel.	Tunnel rectangulaire en béton de 1,8 x 1,8 m, ~13 m de long; substrat organique de 0,1 à 0,15 m dans le ponceau.	Kaye et coll., 2005
Tortue mouchetée	Les tortues mouchetées n'avaient aucune préférence marquée pour une taille de ponceau par rapport à une autre. Les tortues sont plus susceptibles de passer par un ponceau quand elles voient de la lumière au but du celui-ci.	Ponceaux en tôle d'acier ondulée de 1,0 et de 1,2 m de diamètre et ponceaux arqués de 1,1 m de diamètre mis à l'essai; longueurs non précisés. Ponceaux mis à l'essai en groupes de deux dans un laboratoire en plein air.	Lang, 2000
Tortue serpentine	Des tortues y sont passées. Aucun détail sur la fréquence d'utilisation. La clôture a mis fin aux tortues tuées sur la route. Les alevins pouvaient passer à travers la clôture de treillis de 5 x 10 cm. La clôture s'est avérée encore plus efficace après la première année ou deux, à mesure que la végétation retenait plus solidement le bas de la clôture.	Ponceau en tôle d'acier ondulée de 1,3 m de diamètre.	Langen, 2011

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Tortue serpentine	Il a été confirmé qu'au moins une tortue serpentine y est passée.	Trois (3) ponceaux, de 0,6 m de diamètre; longueurs et matériaux non indiqués.	Linger et Perlik, 2014
Tortue des bois (<i>Glyptemys insculpta</i>)	D'après une longue étude, des tortues se sont déplacées le long d'un cours d'eau s'écoulant dans le ponceau.	Ponceau de 3 m de diamètre, de 26 m de long.	Parren 2013
Tortue des bois	Au moins une tortue des bois a été aperçue en train de franchir le tunnel.	Tunnel à toit ouverte (grille) ~1,5 x 1,0 m (L x H) sur un chemin de terre forestier.	Steinberg comm. pers.
Projets sans passages confirmés			
Tortue peinte (<i>Chrysemys picta</i>), tortue serpentine	Six (6) tortues peintes et 1 tortue serpentine photographiées dans des ponceaux. Des traces de tortue serpentine ont aussi été vues dans des ponceaux, mais aucune photo. Passage non confirmé.	Trois (3) structures de passage, chacune avec 2 ponceaux reliés à des espaces ouverts clôturés entre chaque ponceau. Taille : ponceau rectangulaire de 3,4 x 2,4 m, de 24,1 m de long, puis ouverture clôturée de 15,3 m, puis autre ponceau de 24,1 m de long.	Baxter-Gilbert, 2014
Tortue serpentine et tortue peinte	Aucune tortue détectée dans le ponceau sec à l'aide de la camera de sentier.	Une (1) buse en TAO sèche de 1,2 m de diamètre; 2 ponceaux humides, dont un ponceau rectangulaire de 4 m de large en béton; aucun détail fourni sur l'autre.	Buchanan et Basso, 2007
Tortue mouchetée, tortue peinte	Des tortues sont parvenues à grimper une courbe de 0,2 m de haut. Tunnel utilisé par au moins 1 tortue peinte.	Trois (3) ponceaux rectangulaires de 4,6 x 0,9 m (L x H) et de 17,1 m de long, à toit ouvert et à trois côtés.	Compton et Seivert, 2002
Tortue mouchetée, tortue serpentine, tortue peinte	Tortues mouchetées couramment aperçues dans des ponceaux secs et humides. Les tortues serpentes ont utilisé surtout les ponceaux humides, mais un seul ponceau sec. Seule 1 tortue peinte a été trouvée dans un ponceau humide.	Quatre (4) ponceaux secs et 6 ponceaux humides, de différentes tailles, avec lanterneaux. Taille plus petite de 1,8 x 0,9m (L x H) et ~50 m de long.	Dillon, 2011, 2013

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Tortue musquée de l'Est (<i>Sternotherus odoratus</i>), trionyx de Floride	Une (1) tortue musquée et 3 trionyx détectés dans un ponceau de 0,9 m. Aucune tortue aperçue dans d'autres tunnels.	Tunnels de 3 tailles différentes : 0,9 m de diamètre; ponceau rectangulaire 1,8 x 1,8 m, avec 3 caissons lumineux; ponceau rectangulaire 2,7 x 2,7 m. Tous ces tunnels sont de 44 m de long.	Dodd et coll., 2004
Tortues	Ponceaux surveillés dans des zones où peu de tortues sont tuées sur la route avant la mitigation. Le nombre de tortues tuées sur la route est passé de 1 à 0. Aucune tortue photographiée dans les ponceaux.	Ponceaux de diamètre de 1 et de 2 m (bien que parfois décrits comme étant carrés).	Garrah, 2012
Tortue peinte	Aucune différence dans la capacité de grimper entre les mâles et les femelles. Dans les essais, ~4 % des tortues ont pu grimper par-dessus une clôture de 0,45 m de haut sans solin, tandis qu'aucune tortue n'a grimpé la clôture avec solin.	s/o	Griffin, 2005
Tortue tabatière (<i>Terrapene carolina carolina</i>)	Au moins 3 tortues ont utilisé des tuyaux de ponceau préexistants.	Aucun détail.	Hagood et Bartels, 2008
Tortue serpentine, Tortue peinte	Tortues serpentine photographiées dans des ponceaux de 0,8 et de 0,9 m. Tortue peinte photographiée dans un ponceau de 0,8 m.	Deux ponceaux : TAO de 0,8 et de 0,9 m de diamètre.	Gunson et coll., 2013
Tortue ponctuée	Examen d'autres structures de passage. On a signalé des tortues ponctuées en train d'utiliser un ponceau arqué et un ponceau rectangulaire à deux endroits au Mass.	Ponceau arqué : 11 x 3,4 m (L x H) et 12 m de long; ponceau arqué : 1,8 x 1,8 m et de 16,8 m de long.	Paulson, 2010
Tortue mouchetée	Pas d'atténuation. Endroits où les tortues sont le plus souvent tuées sur les routes et modèles de déplacement étudiés. On suggère que la distance qui sépare chaque structure de passage soit, en moyenne, de 500 m, et pas plus de 1,5 km.	s/o	Riley et coll., 2013

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Tortue serpentine	Repérées avec caméra de sentier dans au moins un tunnel. Aucun détail sur le tunnel en question.	Quatre (4) tailles, de 1,5 x 0,9 m (L x H) à 2,7 x 1,8 m. ~5 cm de terre étendue au fond des ponceaux.	Rogers et coll., 2009
Tortue serpentine et autres membres de l'herpétofaune	Utilisation en commun par les grenouilles, les serpents, les lézards et les tortues. La plupart utilisent des ponceaux de 1,5 m ou plus de largeur et de 0,6 à 1,5 m de haut.	Différents ponceaux actuellement en place.	Smith, 2003
Tortue serpentine, tortue peinte, graptémyde (<i>Graptemys geographica</i>)(?)	Au moins 7 tortues serpentes et 1 tortue peinte ont utilisé les ponceaux. Il se pourrait qu'une graptémyde ait été aperçue en train de nager dans un ponceau. Tous sauf un reptile auraient été repérés dans un tunnel ACO.	Ponceau rectangulaire à toit ouvert de 1,8 m x 0,9 m en béton; tunnel ACO de 0,5 x 0,48.	Whitelock, 2014
Expériences dans un laboratoire en plein air			
Tortue peinte	Tunnel installé sur le chemin des femelles en excursion pour nidification. Toutes les tortues qui ont atteint le tunnel l'ont franchi. La durée moyenne des passages est de 113 secondes (plage : 60-197 secondes).	Tunnel en bois de 0,6 x 0,6 m, ~6 m de long sur le terrain.	Jackson et Marchand, 1998
Tortues peintes	>85 % des tortues ont utilisé tous les tunnels. Meilleur taux de réussite et temps de passage plus court avec le tunnel plus grand. Les tortues hésitaient davantage à pénétrer dans les tunnels sous terre.	Laboratoire en plein air avec 3 types de ponceaux : 0,6 x 0,6 m, 0,6 x 1,2 m, 1,2 x 1,2 m et tous de 12,2 m de long. Contreplaqué avec fond de terre.	Paulson, 2010
Tortue serpentine, tortue peinte	Labo. en plein air. Aucune tortue n'a grimpé la clôture de 0,6 m. Les tortues étaient plus susceptibles d'utiliser les tunnels d'au moins 0,5 m de diamètre. Tous les substrats utilisés en général indifféremment. Le tunnel le plus long était un peu moins souvent utilisé. Le niveau d'éclairage n'a eu aucune incidence.	Ponceaux à tuyau en PVC noir. Différentes longueurs (3-9,1 m), taille de la fente (0,3-0,8 m), substrat (nu, terre, gravier, béton) et perméabilité à la lumière (0-4 %).	Woltz et coll., 2008

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Tortue peinte, tortue mouchetée, tortue ponctuée	Labo. en plein air. Les franchissements réussis ont augmenté avec l'accroissement de la lumière. Dans les tunnels à toit fermé, plus le ponceau était grand, plus le pourcentage de tortues le franchissant augmentait. Taux de franchissement faible (54 % ou moins) avec ponceaux de 80 pi.	Tunnels de 3 tailles : 0,6 x 0,6 m, de 1,2 x 1,2m, de 2,4 x 1,2 m; deux longueurs : 40 pi et 80 pi. Différents niveaux d'éclairage par le toit (0, 75; 100 %).	Yorks et coll., 2011
Étude sur les structures de passage des serpents			
Projets avec passages confirmés			
Massasauga de l'Est (<i>Sistrurus catenatus</i>)	Quatre (4) serpents repérés sous des structures de passage (vraisemblablement en train de les franchir) en 2013.	Quatre (4) structures de passage avec grilles ouvertes. ~1 x 1 m (L x H) sous des chemins de gravier à deux (2) voies.	Colley comm. pers.
Couleuvre rayée de l'Est (<i>Thamnophis sirtalis sirtalis</i>), Couleuvre mince (<i>Thamnophis sauritus sauritus</i>)	Labo. en plein air. Au moins 70 % des couleuvres minces et 90 % des couleuvres rayées ont franchi les ouvrages, quelle que soit la taille. Toutes les couleuvres rayées les ont franchis quel soit le type de substrat (terre ou eau). Dans les ponceaux de 1,3 m, >90 % des couleuvres minces les ont franchis quel que soit le type de substrat. En ce qui concerne les ponceaux de 0,33 m, les couleuvres minces réussissaient moins bien à les franchir quand ils contenaient de la terre (50 %) que quand ils contenaient de l'eau (70 %). Pour ce qui est des véritables ponceaux, les couleuvres minces réussissaient moins bien à franchir les ponceaux plus petits (<30 %) que les ponceaux plus grands (~80 %).	Ponceaux rectangulaires de 0,66 m de haut et de largeur variée (de 0,33 à 1,33 m) et de 5 m de long dans un laboratoire en plein air. Passages dans les ponceaux véritables examinés, avec ~1 m et ~0,5 m de diamètre et de 10 m de long. Quelques ponceaux secs (fond de terre) et certains avec bande de ~7 cm d'eau.	Eads, 2013
Couleuvre d'eau (<i>Nerodia sipedon sipedon</i>)	>80 % des passages sont réussis, quelle que soit la taille des ponceaux.	Ponceaux de 0,5 et de 1,0 m. Aucun autre détail.	Eads et coll., 2012

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Crotale des bois (<i>Crotalus horridus</i>), couleuvre obscure (<i>Pantherophis spiloides</i>)	Deux crotales suivis par radiotéléométrie ont utilisé un ponceau dans sa première année de construction. Des serpents ont passé 10 à 14 jours près de la clôture avant de franchir le ponceau. Certains serpents ont contourné la clôture, d'autres sont passés par les fentes dans la clôture. Une (1) couleuvre obscure (ou une couleuvre agile) aurait peut être été repérée dans un ponceau.	Cinq (5) ponceaux rectangulaires en béton à toit fermé de 0,91 x 0,41 m (L x H) et de 15 m de long.	Laidig et Golden, 2004
Couleuvre rayée de l'Est	Tunnels utilisés couramment. La clôture a mis fin aux cas de couleuvres tuées sur la route; certains serpents ont passé la clôture.	Tuyau en acier de 0,25-0,30 m de diamètre.	Roberts, 2010
Serpents non identifiés	Trois (3) passages par un serpent constatés grâce aux traces laissées dans le sable.	Ponceau rectangulaire en béton de 2,74 (L) x 1,83 (H) m et de 30,5 m de long.	Rogers et coll., 2009
Serpents	Détection de l'utilisation en observant les traces laissées dans le sable. Un (1) serpent a fait le passage en 8 jours au printemps, et 1 passage sur une période de 8 jours en été.	Neuf (9) ponceaux rectangulaires en béton, de 2,4 x 1,2 m et de 18 m long. Fond des ponceaux recouvert de petites pierres éparpillées et d'une fine couche de limon.	Taylor et Goldingay, 2003
Vipère des Cyclades (<i>Macrovipera schweizeri</i>)	Aucun serpent aperçu sur les routes dans les zones avec barrières. Des serpents ont emprunté le passage souterrain. En moyenne, 77 % des serpents qui atteignent un passage souterrain sont passés par celui-ci.	6 passages inférieurs, 4 types. Aucun détail.	Yannis, 2011

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Projets sans passages confirmés			
Différentes espèces	On a trouvé des serpents dans les ponceaux ronds de deux tailles différentes.	Examen de l'usage des ponceaux existants : buse en TAO de 0,6 m et 1,0 m de diamètre, ponceaux rectangulaires en béton (taille non indiquée).	Département de la Pêche et de la Chasse de l'Arizona, 2010
Serpents et lézards réunis; aucune espèce nommée	De façon générale, l'utilisation des ponceaux par les reptiles est inversement reliée à la longueur de ces ponceaux.	Tuyaux de ponceaux existants; aucune spécification fournie.	Ascensão et Mira, 2007
Couleuvre d'eau, couleuvres à ventre rouge (<i>Storeria occipitomaculata</i>)	Trois (3) couleuvres d'eau photographiées dans un ponceau, 1 couleuvre à ventre rouge juvénile aperçue dans le ponceau.	Trois (3) structures de passage, chacune avec 2 ponceaux reliés à des espaces ouverts clôturés entre chaque ponceau : ponceau rectangulaire de 3,4 x 2,4 m, de 24,1 m de long, puis ouverture clôturée de 15,3 m, puis un autre ponceau de 24,1 m de long.	Baxter-Gilbert, 2014
Couleuvre rayée de l'Est	Aucune confirmation de quelconque serpent ayant traversé, et très peu d'individus captés loin de la route.	2 ponts, 1 ponceau de 1,65 m de large.	Bellis et coll., 2007
Espèces non identifiées de thamnophis	Vingt (20) détectées sous un pont en observant les traces laissées dans le sable. Les ponceaux n'ont pas bien été surveillés.	Pont surélevé de 5-9 pi, 400 pi de long; tunnels de tailles différentes, ponceaux aussi petits que 0,5 m de diamètre.	de Rivera et Bliss-Ketchum, 2010
Serpents non identifiés (rassemblement thamnophis et couleuvre d'eau)	39-50 serpents par année (3 ans) dans des ponceaux humides et secs. Un plus grand pourcentage dans les ponceaux secs; il aurait peut-être été plus facile de les photographier dans ces ponceaux. Serpents photographiés en train de se prélasser à la lumière des lanterneaux.	Quatre (4) ponceaux secs et 6 ponceaux humides, tailles différentes, avec lanterneaux. Le tunnel le plus petit mesurant 1,8 x 0,9m (L x H).	Dillon 2011, 2013

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Couleuvre agile de l'Est (<i>Coluber constrictor</i>), couleuvre obscure de l'Est (<i>Pantherophis alleghaniensis</i>), couleuvre mince de l'Est, et autres espèces qui ne sont pas en péril	Une (1) couleuvre agile, 1 couleuvre obscure et 4 couleuvres minces repérées dans des tunnels de 1,8 x 1,8 m, mais aucune confirmation quant à savoir si elles les ont traversées. Aucune couleuvre n'a été détectée dans les ponceaux dans d'autres tailles.	Tunnels de trois tailles : 0,9 m de diamètre ; ponceau rectangulaire de 1,8 x 1,8 m, avec 3 caissons lumineux; ponceau rectangulaire de 2,7 x 2,7 m. Tous les tunnels de 44 m de long.	Dodd et coll., 2004
Serpents	Ponceaux surveillés dans une zone où très peu de serpents étaient tués sur la route avant la mitigation. Aucun changement à cet égard. Aucun serpent photographié dans les ponceaux.	Ponceaux de 1 et de 2 m de diamètre (bien que parfois décrits comme étant carrés).	Garrah, 2012
Couleuvre d'eau, thamnophis de l'Est, couleuvre obscure	Couleuvre d'eau trouvée dans 6 ponceaux; couleuvre obscure dans 3, et thamnophis, dans 2 (taille des ponceaux non précisée).	265 ponceaux de tailles différentes surveillés.	Gates et Sparks, 2011
Crotale des bois	Des serpents marqués y sont passés.	Ponceau de ~0,3 m de diamètre.	Jacobson, comm. pers.
Serpents	Pour empêcher que les serpents passent à travers les clôtures, une grille à petites mailles (0,6 x 0,6 cm) a été placée sur la clôture à tortues. La grille de 30 cm de haut n'a pas arrêté tous les passages, mais une grille de 60 cm de haut s'est révélée plus efficace. Aucune surveillance de la présence des serpents dans les ponceaux.	Ponceau en tôle d'acier ondulée de 1,3 m de diamètre.	Langen, 2011
Couleuvre d'eau, thamnophis de l'Est	Une couleuvre d'eau est entrée et a fait demi-tour dans un ponceau de 0,9 m. Un thamnophis observé dans un ponceau de 0,9 m.	Deux ponceaux : TAO de 0,8 et de 0,9 m de diamètre.	Lesbarrères Gunson et coll., 2013

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Massasauga	Aucune preuve de passage, mais aucun serpent tué sur la route en 4 ans de surveillance des routes.	Six (6) structures à toit ouvert, avec substrat rocheux, ~1,0 x 1,5 m (L x H) et ~6 m de long.	Lewis comm. pers.
Couleuvre de l'Ouest (<i>Thamnophis elegans vagrans</i>)	Photographiées dans des tunnels 48 fois.	Quatre (4) ponceaux rectangulaires ACO, de 0,5 m de large et de 0,33 m de haut et ~12 m de long. Fentes sur le dessus. Tunnels à 80-110 m les uns des autres.	Pagnucco et al 2011, 2012
Couleuvre à collier (<i>Natrix natrix</i>)	Détectées dans des ponceaux. Vraisemblablement en train de chasser des grenouilles dans un ponceau humide.	Trois ponceaux en béton de 1 m de diamètre, 34 m de long. Ouverture au milieu du ponceau pour laisser passer la lumière et l'eau.	Puky et coll., 2007
Couleuvre à collier	Mues trouvées dans des tunnels.	Huit ponceaux de 0,6-0,9 m de diamètre/ 8-9 m de long. Cinq ponceaux comprenaient des puits de lumière.	Puky et coll., 2007
Massasauga, couleuvre à nez plat, couleuvre tachetée (<i>Lampropeltis elapsoides</i>), couleuvre mince du Nord (<i>Thamnophis sauritus septentrionalis</i>)	Présence confirmée de couleuvres tachetées et de couleuvres mince du Nord dans les tunnels. Possiblement une couleuvre à nez plat, mais la photo est floue.	Ponceau rectangulaire de 1,8 x 1,2 m (L x H) en béton.	Rouse, 2005
Couleuvre rayée de l'Est et autres membres de l'herpétofaune	Utilisation par l'ensemble des grenouilles, des serpents, des lézards et des tortues. La plupart ont utilisé les ponceaux de 1,5 m ou plus de large et de 0,6-1,5 m de haut.	Différents types de ponceaux existants.	Smith, 2003
Couleuvre rayée de l'Est, serpents non identifiés	Au moins 2 couleuvres rayées et 2 serpents non identifiés sont passés par des ponceaux. Tous sauf un reptile ont été détectés dans un tunnel ACO. Il est possible qu'il y ait eu davantage de passages, mais les caméras ont été réglées de façon à filmer toutes les 15 min.	Ponceau rectangulaire de 1,8 m x 0,9 m en béton; Tunnel ACO à toit ouvert de 0,5 x 0,48.	Whitelock, 2014

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Expériences dans un laboratoire en plein air			
Serpents de petite taille (<20 g) et de moyenne taille (75 250 g)	Aucun serpent n'est parvenu à passer en grimpant une clôture. Des serpents de taille moyenne pouvaient s'échapper par la grille de ½ po. Les serpents de petite taille pouvaient s'échapper par les grilles de ½ et ¼ po. Certains serpents étaient restés pris dans des grilles de ½ po et il a fallu couper pour libérer les serpents.	s/o Différents types de clôtures mis à l'essai.	Smith et Noss, 2011
Examen des structures de passage et des clôtures installées pour les lézards			
Projets avec passages confirmés			
Différents lézards (sauf scinques)	Des lézards ont été trouvés dans les 3 types de ponceaux. Davantage d'espèces dans le plus petit ponceau. Taux de passage plus élevé (0,4) dans les ponceaux rectangulaires.	Passages dans les ponceaux existants examinés : buse en TAO de 0,6 m et 1,0 m de diamètre, ponceaux rectangulaires en béton (taille non indiquée).	Département de la Pêche et de la Chasse de l'Arizona, 2010
Phrynosome à queue plate (<i>Phrynosoma mcallii</i>)	Des essais expérimentaux de ponceaux simulés. Douze (12) lézards sur 54 sont passés. Tous les tunnels, quelle que soit leur taille, ont été utilisés, quoique la buse en TAO de 1,0 m sans lanterneaux ait été utilisée par davantage de lézards. Les ponceaux sombres ont été utilisés plus souvent que ceux avec lanterneaux.	Tunnels de 3 tailles différentes mis à l'essai : buse en TAO de 0,6 m et de 1,0 m, et ponceaux rectangulaires en contreplaqué de 2,6 x 1,3 m (L x H). Deux de chaque taille de ponceau, une avec lanterneaux et l'autre sans lanterneaux. Tous les tunnels étaient de ~13 m de long ; de 2,5 à 7,5 cm de sable recouvrait leur fond.	Painter et Ingraldi, 2007
Varan bigarré (<i>Varanus varius</i>) et autres lézards non identifiés	Étude australienne. Onze (11) passages par des lézards constatés durant la courte période de surveillance.	Neuf (9) ponceaux rectangulaires en béton, 2,4 x 1,2 m et 18 m de long. Fond des ponceaux recouvert de petites pierres éparpillées et d'une petite couche de limon.	Taylor et Goldingay, 2003

Espèces	Commentaires	Structure de passage	Référence
Projets sans passages confirmés			
Serpents et lézards confondus; aucune espèce nommée	De façon générale, l'utilisation des ponceaux par des reptiles est reliée inversement à la longueur de ces ponceaux.	Tuyaux de ponceau existants; aucune spécification mentionnée.	Ascensão et Mira, 2007
Scinque pentaligne (<i>Plestiodon fasciatus</i>)	Des scinques ont été vus autour de l'entrée de 5 ponceaux (tailles non précisées). Les entrées de ponceau semblent être pour eux des sites de prélassement au soleil et de recherche de nourriture, mais il ne semble pas qu'ils utilisent les ponceaux.	265 ponceaux de tailles différentes ont été surveillés.	Gates et Sparks, 2011
Lézard des palissades du nord (<i>Sceloporus undulatus hyacinthinus</i>)	Détectés 12 fois dans des ponceaux sur une période de deux mois.	Cinq (5) ponceaux en béton à toit fermé de 0,91 x 0,41 m (L x H) et de 15 m de long.	Laidig et Golden, 2004
Lézard des souches (<i>Lacerta agilis</i>)	Les lézards vivent sur des passages souterrains, les utilisent comme cachettes, lieux de prélassement et habitat où se nourrir.	Passage souterrain pour animaux. Aucun détail fourni. Arbustes plantés sur le côté du passage.	Puky et coll., 2007
Scinque pentaligne et autres membres de l'herpétofaune (tous les reptiles et amphibiens confondus)	De façon générale, les reptiles et les amphibiens ont le plus recouru aux ponceaux de 1,5 m ou plus de large et de 0,6 à 1,5m de haut.	Différents types de ponceaux existants.	Smith, 2003
Expérience dans un laboratoire en plein air			
Scinque pentaligne	Les scinques sont parvenus à passer à travers une clôture en treillis de ¼ po. Le solin d'aluminium était la seule barrière qui a empêché toutes les scinques de s'échapper.	s/o Types de clôtures mis à l'essai.	Smith et Noss, 2011

Annexe D : Liens et autres ressources

Lois et politiques du MRNF applicables

Règlement de l'Ontario 242/08 : Dispositions générales en vertu de la *Loi de 2007 sur les espèces en voie de disparition*

https://www.e-laws.gov.on.ca/html/regs/english/elaws_regs_080242_e.htm

Permis en vertu de la *Loi sur les espèces en voie de disparition*

<https://www.ontario.ca/fr/page/permis-davantage-plus-que-compensatoire-concernant-les-especes-en-peril>

Permis d'avantage plus que compensatoire

<https://www.ontario.ca/fr/page/permis-davantage-plus-que-compensatoire-concernant-les-especes-en-peril>

Comment procurer un avantage plus que compensatoire

<http://www.ontario.ca/environment-and-energy/angered-species-act-overall-benefit-permits>

(cliquer sur le lien sur le côté droite de la page ci-dessus « Comment procurer un avantage plus que compensatoire »)

Approbations simplifiées en vertu de la *Loi sur les espèces en voie de disparition*

(ou enregistrement en ligne des activités liées aux ressources naturelles)

<https://www.ontario.ca/fr/document/guide-denregistrement-des-richesses-naturelles>

Projets de développement et d'infrastructures et espèces menacées ou en voie de disparition

<https://www.ontario.ca/fr/page/projets-de-developpement-et-dinfrastructures-et-especes-menacees-ou-en-voie-de-disparition>

Renseignements sur les espèces en péril de l'Ontario

Site Web des espèces en péril de l'Ontario

<https://www.ontario.ca/fr/page/especes-en-peril>

Boîte à outils de référence pour les espèces en péril

<http://www.ontario.ca/environment-and-energy/species-risk-guides-and-resources>

Pratiques exemplaires et directives

Reptile and Amphibian Exclusion Fencing:

Best Practices (« Meilleures pratiques: clôtures d'exclusion pour les reptiles et les amphibiens »)

(disponible en anglais seulement)

http://files.ontario.ca/environment-and-energy/species-at-risk/mnr_sar_tx_rptl_amp_fnc_en.pdf

Passage Assessment System for Evaluating the Permeability of Existing Structures

(« Perméabilité des structures existantes : système d'évaluation des passages »)

(disponible en anglais seulement)

<http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/777.1.pdf>

Exemples de conception

Amphibian Tunnel Project in Waterton Lakes National Park, Vancouver (« Projet de tunnel d'amphibiens au parc national du Canada des Lacs-Waterton, Vancouver ») (disponible en anglais seulement)

<http://naturevancouver.ca/sites/naturevancouver.ca/VNHS%20files/Amphibian%20Tunnel%20Project.pdf>

Annexe E : Tableaux de coûts de l'échantillon de tunnels (2014)

Type de tunnel	N° de modèle	Fournisseur	Dimensions du ponceau	Longueur (m) (estimative)	Coût	Coûts d'installation (très approximatifs)	Coût/m (ponceau seulement)
Ponceau à dalot terrestre en béton	Ponceau à dalot en béton renforcé non standard	M-CON Pipe and products Inc.	1,8 x 0,9 m	16,3	25 000 \$	15 000 \$	1 533 \$
Ponceau terrestre à dessus ajouré	ACO AT500	ACO Systems Ltd.	0,50 m x 0,48 m	16,2	13 000 \$	11 000 \$	802 \$
Ponceau à dalot hydraulique en béton	Ponceau à dalot en béton renforcé non standard	M-CON Pipe and products Inc.	3,0 m x 2,1 m	18,3	65 000 \$	45 000 \$	3 551 \$
Ponceau à dalot en béton	Comprend tous les matériaux	MTO	1,8 x 1,8 m	48	225 000 \$		4 687 \$
Ponceau à dalot en béton	Considéré comme structure et comprend donc seulement le coût du ponceau.	MTO	3,3 m x 2,8 m	48	375 000 \$	325 000 \$	7 812 \$
Ponceau à dalot en béton		MTO	1,0 m x 1,0 m	48	150 000 \$		3 125 \$

Coût/m (installation comprise)	Commentaires (contraintes d'installation)	Renseignements supplémentaires	Source
2 453 \$		Coûts fixes additionnels associés à chaque mobilisation, précautions environnementales spéciales et assurances.	Rick Levick, comité d'amélioration de Longpoint
1 481 \$		- Les conditions du sol sont très déterminantes pour les coûts. - En règle générale, ajouter 20 % par projet de plus de 150 000 \$, ajouter 30 % pour les plus petits projets. - Ajouter 250 000 \$ par site pour les étayages spéciaux.	
6 010 \$	Coût : environ 30 % de plus que l'installation typique décrite dans le tableau à cause du creusage requis pour raccorder les canaux au marais d'un côté et à la baie de l'autre.		
		Actuellement pour 2 ponceaux (= 1 écopassage) pour la route 69 à 4 voies : chaque ponceau est de 24 m de longueur (s'étend sur 2 voies de la route, plus les accotements), et ils sont séparés par un espace de 15,3 m (terre-plein central).	Andrew Healy, MTO
14 583 \$	Le coût réel est beaucoup plus important que pour la structure seule à cause du dynamitage, des socles, etc.; les coûts peuvent atteindre 700 000 \$ avec l'installation.		
3 125 \$	Ce coût est approximatif; il peut aller de 100 000 \$ à 200 000 \$.		

Type de tunnel	N° de modèle	Fournisseur	Dimensions du ponceau	Longueur (m) (estimative)	Coût	Coûts d'installation (très approximatifs)	Coût/m (ponceau seulement)
Ponceaux de tuyau en acier ondulé		Atlantic Industries Ltd.	Circulaire, 1,2 m de diamètre	16,5	2 392 \$	+	145,00 \$
Arc en acier ondulé, socles métalliques compris		Atlantic Industries Ltd.	(flèche de 0,6 m; portée de 1,22 m)	16,5	16 360 \$	+	991,56 \$
Ponceaux de tuyau en acier ondulé		Atlantic Industries Ltd.	Circulaire, 3 m de diamètre	16,5	9 240 \$	+	560,00 \$

Coût/m (installation comprise)	Commentaires (contraintes d'installation)	Renseignements supplémentaires	Source
+	Minimum d'assemblage requis.	Différents enduits disponibles. Prix basé sur un enduit commun sur des routes à faible débit de circulation. Matériau des tuyaux selon les conditions environnementales. Se reporter à l'étude sur les tuyaux d'Ontario Gravity pour plus de détails.	Kevin Williams, Atlantic Industries Ltd.
+	Préassemblé ou assemblé sur place. Peut être assemblé manuellement (sans matériel de levage) au coût estimatif de 50 \$/m.	Structures à fond naturel, construction qui maintient un environnement plus naturel. Prix basé sur des abris bas ou moyens (0,6 m à 2 m). De plus grands abris sont permis, mais le prix varie en conséquence.	Kevin Williams, Atlantic Industries Ltd.
+	Minimum d'assemblage requis.	Différents enduits disponibles. Prix basé sur un enduit commun sur des routes à faible débit de circulation. Matériau des tuyaux selon les conditions environnementales. Se reporter à l'étude sur les tuyaux d'Ontario Gravity pour plus de détails.	Kevin Williams, Atlantic Industries Ltd.

Type de tunnel	N° de modèle	Fournisseur	Dimensions du ponceau	Longueur (m) (estimative)	Coût	Coûts d'installation (très approximatifs)	Coût/m (ponceau seulement)
Arc en acier ondulé, socles métalliques compris		Atlantic Industries Ltd.	(flèche de 2,99 m; portée de 1,45 m)	16,5	24 024 \$	+	1 456 \$
Arc en acier ondulé, socles et murs de tête en béton compris	Comprend les coûts des murs de tête. Conduits plus courts requis pour les murs de tête.	Atlantic Industries Ltd.	(flèche de 2,99 m; portée de 1,45 m)	10	29 617 \$	+	2 961 \$

Coût/m (installation comprise)	Commentaires (contraintes d'installation)	Renseignements supplémentaires	Source
+	Préassemblé ou assemblé sur place. Peut être assemblé manuellement (sans matériel de levage) au coût estimatif de 50 \$/m.	Structures à fond naturel, construction qui maintient un environnement plus naturel. Prix basé sur des abris bas ou moyens (0,6 m à 2 m). De plus grands abris sont permis, mais le prix varie en conséquence.	Kevin Williams, Atlantic Industries Ltd.
+	Préassemblé ou assemblé sur place. Matériel de levage requis pour les murs de tête et les socles.	Structures à fond naturel, construction qui maintient un environnement plus naturel. La valeur du prix/m augmente par l'ajout des murs de tête, mais ils permettent des conduits plus courts. Prix basé sur des abris bas ou moyens (0,6 m à 2,5 m). De plus grands abris sont permis, mais le prix varie en conséquence. Les murs de tête répondent à des exigences esthétiques.	Kevin Williams, Atlantic Industries Ltd.