

Leçons tirées de l'étude des passages fauniques enjambant une autoroute dans le parc national de Banff

Anthony P. Clevenger

Résumé

Un programme de suivi à long terme permet d'évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation installées sur l'autoroute Transcanadienne qui traverse le parc national de Banff, en Alberta, Canada. Depuis 1996, les passages fauniques conçus pour la grande faune ont été traversés plus de 218 000 fois. Les cerfs ont effectué 62 % des traversées contre 19 % pour les wapitis et < 8 % pour les grands carnivores. À disponibilité égale, les ours grizzlis, les orignaux, les cerfs et les wapitis ont semblé préférer les passages supérieurs (par-dessus la route) aux passages inférieurs, alors que les cougars et les coyotes ont utilisé les 2 types de structure également. Nous avons estimé que le temps d'adaptation aux passages fauniques variait entre 3 ans (cougar, ours noir) et 9 ans (ours grizzli, loup gris). En moyenne, pour les 8 espèces étudiées, la période d'adaptation initiale était de 4,4 ans, alors que la période d'adaptation complète était de 5,9 ans. Au cours des 15 dernières années, nous avons contribué à la recherche environnementale ainsi qu'à la gestion et la planification des transports, afin de concevoir des routes mieux adaptées aux populations animales.

MOTS CLÉS : adaptation, autoroute Transcanadienne, parc national de Banff, passages fauniques, suivi à long terme

Introduction

Les impacts des routes sur l'environnement attirent l'attention de la communauté scientifique et des écologistes à travers le monde (Forman et collab., 2003 ; Davenport et Davenport, 2006). Au cours de la dernière décennie, les agences de transport et de gestion du territoire ont démontré un intérêt grandissant pour l'atténuation des effets négatifs des routes sur la faune (Brown, 2006), un changement significatif avec leurs pratiques passées. En plus de causer des mortalités directes, les routes ont comme effet de fragmenter les habitats fauniques, une préoccupation majeure des gestionnaires du territoire. Par exemple, une étude récente sur des populations de lynx roux (*Lynx rufus*) et de coyote (*Canis latrans*), dont l'aire de répartition était traversée par une route achalandée du sud de la Californie, a permis de démontrer que, même si certains individus parvenaient à traverser la route, ceux-ci ne contribuaient pas toujours au flux génique entre les sous-populations (Riley et collab., 2006). De plus, une revue de littérature récente n'a pu démontrer que les passages fauniques étaient des structures prévenant efficacement l'isolement génétique (Corlatti et collab., 2009). Toute tentative visant à réduire les effets des routes sur la faune (c'est-à-dire la réduction de la viabilité des populations, l'augmentation de la mortalité et la rupture du flux génique) doit se concentrer sur la réduction des collisions routières impliquant la faune, tout en assurant l'accessibilité à la nourriture, au couvert et aux partenaires sexuels sur l'ensemble du paysage et en tout temps au cours de l'année, sans quoi les populations animales ne pourront persister. Assurer l'intégrité écologique dans ces circonstances requiert des efforts de coopération entre les pratiquants de disciplines variées telles que le génie civil, la conception environnementale, la planification des transports et les sciences biologiques (Forman, 1998).

En 1978, le gouvernement fédéral canadien proposait d'élargir l'autoroute Transcanadienne (ATC) dans le parc national de Banff, la faisant passer de 2 à 4 voies (McGuire et Morrall, 2000). Des passages fauniques servant à atténuer les impacts de l'autoroute en expansion furent construits lors de chaque étape successive du projet d'élargissement. Le parc national de Banff possède maintenant un complexe de structures de mitigation autoroutière pour la faune unique au monde. On y trouve une grande variété de passages fauniques, en plus de données biologiques sur la distribution, les mouvements et l'écologie d'espèces appartenant à une riche communauté faunique. Qui plus est, les premières infrastructures furent mises en place il y a plus de 20 ans, de sorte que Banff est devenu un véritable précurseur dans le domaine (Evink, 2002 ; Hilty et collab., 2006).

Une vaste analyse portant sur la mortalité et les traversées de l'ATC par la faune à Banff a récemment été complétée (Clevenger et collab., 2009). Cet article est concentré sur les principaux résultats ayant des applications pratiques en gestion environnementale et en transports obtenus sur une période couvrant près de 15 ans de recherche. Les résultats

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

apclevenger@gmail.com

Mathieu Leblond, du Département de biologie, chimie et géographie de l'Université du Québec à Rimouski, a traduit cet article en français.

portent sur : 1) le suivi à long terme de l'utilisation des passages fauniques par les grands mammifères, 2) la comparaison de l'utilisation des passages inférieurs (sous la route) et supérieurs (par-dessus la route) et 3) l'adaptation aux passages fauniques par les animaux. Enfin, une dizaine de contributions clés tirées des recherches menées à Banff sont présentées.

Aire d'étude

Banff se situe approximativement à 120 km à l'ouest de Calgary, Alberta, Canada. L'ATC (figure 1) est la principale voie de transport terrestre traversant Banff, et couvre 76 km entre les frontières orientale et occidentale du parc. Le trafic sur l'ATC est relativement élevé pour la région, avec en moyenne 17 970 véhicules par jour (données de 2008), valeur qui augmente de 2,5 % chaque année (Highway Service Centre, Parcs Canada, Banff, Alberta, non publ.). À ce jour, l'ATC traversant Banff supporte le plus important volume de trafic de tous les parcs nationaux d'Amérique du Nord, et est reconnue comme étant un important facteur perturbateur de l'intégrité écologique de l'écosystème du parc (Banff Bow Valley Study, 1996). Une description écologique de l'aire d'étude est disponible dans Holroyd et Van Tighem (1983) et dans Holland et Coen (1983).

Dans les années 1970, des questions de sécurité ont poussé les gestionnaires à moderniser l'ATC à Banff et à élargir la route, de l'est vers l'ouest. La grande faune a été maintenue à l'écart de la route à l'aide de clôtures de 2,4 m de hauteur, érigées des 2 côtés de la route. Des passages fauniques ont été construits afin de permettre aux animaux de traverser. L'élargissement s'est déroulé en une série de phases, commençant avec la Phase I en 1979, jusqu'aux travaux actuels de la Phase IIIB. La première section de 27 km (Phases I et II) incluait 10 passages inférieurs et a été complétée en 1988 (figure 1). La section suivante de 18 km (Phase IIIA) a été complétée à la fin de 1997, avec 11 nouveaux passages inférieurs et 2 passages supérieurs. La section finale de 30 km (Phase IIIB) a été divisée en une première section de 10 km (Phase IIIB-1) incluant 8 passages fauniques, dont 2 passages supérieurs de 60 m de largeur devant être complétés en 2011, ainsi qu'en une deuxième et troisième sections (Phases IIIB-2 et IIIB-3) devant être terminées au plus tard en 2013. Au total, la Phase IIIB comportera 21 passages fauniques, dont 4 passages supérieurs de 60 m.

Suivi à long terme des passages fauniques

Matériel et méthodes

Tous les passages fauniques des Phases I, II et IIIA ont fait l'objet de suivis continus de la grande faune à partir de 1996, à l'aide de trappes à pistes étalées sur la largeur complète des passages fauniques (Clevenger et Waltho, 2000, 2005 ; Clevenger et collab., 2002a). La plupart des trappes à pistes des passages inférieurs avaient une largeur d'environ 2 m, alors que celles installées sur les passages supérieurs avaient une largeur de 4 m. Ces trappes étaient constituées d'un mélange de sable limoneux, de limon et d'argile de 1 à 4 cm d'épaisseur. Les trappes furent visitées tous les 2 à 4 jours, tout au long de l'année, et les pistes notées et effacées. À chaque visite, la qualité du sable pour l'impression des pistes fut évaluée comme étant bonne, passable, mauvaise ou nulle, cette dernière catégorie étant généralement causée par l'accumulation d'eau, de glace ou de neige sur la trappe. Pour chaque piste, l'espèce en cause, le nombre d'individus

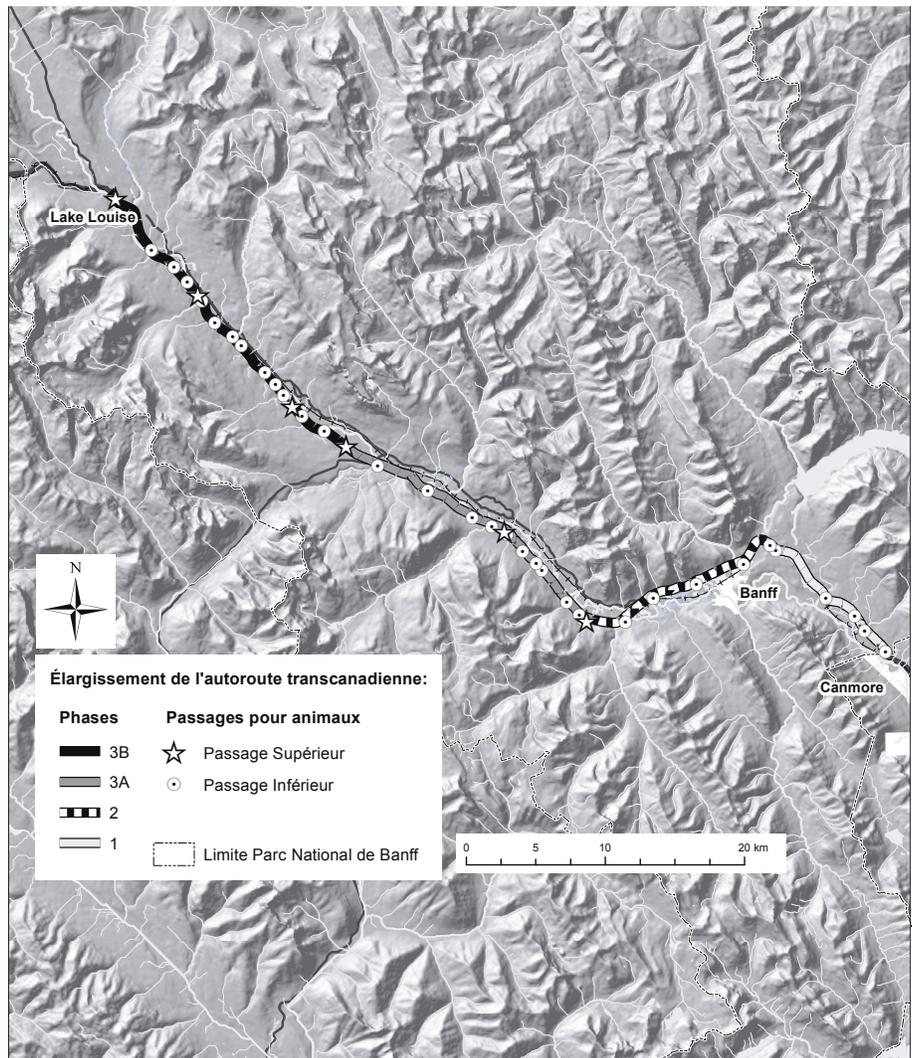


Figure 1. L'autoroute Transcanadienne à Banff, les différentes phases de mitigation et les étapes de la construction. Les passages fauniques des phases I, II et IIIA sont présentés.

impliqués et la direction du mouvement (à travers le passage faunique ou non) étaient notés. Les espèces recensées furent le loup gris (*Canis lupus*), le coyote (*C. latrans*), le cougar (*Puma concolor*), le lynx du Canada (*Lynx canadensis*), l'ours noir (*Ursus americanus*), l'ours grizzli (*U. arctos*), le carcajou (*Gulo gulo*), le wapiti (*Cervus elaphus*), le mouflon d'Amérique (*Ovis canadensis*), l'orignal (*Alces alces*) et les cerfs du genre *Odocoileus*. Depuis 2005, des caméras munies de détecteurs de mouvement (Reconyx Inc., Holmen, WI, É.-U.) ont commencé à remplacer les trappes à pistes pour le suivi des animaux dans les passages fauniques. Ces caméras donnent des informations sur le moment, le comportement de l'animal et la température ambiante à chaque traversée. Il s'agit d'une méthode de suivi plus fiable, plus rentable et moins invasive que les trappes à pistes (Ford et collab., 2009).

Résultats et discussion

En 15 ans, 218 596 détections d'animaux (198 811) et d'humains (19 785) ont été enregistrées dans les passages fauniques des Phases I, II, IIIA et IIIB (tableau 1). Les cerfs ont composé 62 % des traversées, contre 19% pour les wapitis et < 8 % pour les grands carnivores (Clevenger et collab., 2009). Des carcajous ont été détectés pour la première fois dans les passages construits lors de la Phase IIIA. À partir de 1997, l'utilisation des passages fauniques par les ours grizzlis a constamment augmenté, pour atteindre un plateau en 2008 avec 180 traversées. La plupart des traversées d'ours grizzlis et de loups ont toujours été recensées dans les 2 passages supérieurs de la Phase IIIA, ainsi que dans le passage inférieur Healy. Les traversées de loups ont cependant augmenté significativement dans l'est du parc, avec plus de 1 200 détections dans le passage inférieur Duthil.

Comparaison de l'utilisation des passages fauniques inférieurs et supérieurs

Matériel et méthodes

Afin de comparer la préférence des grands mammifères pour les 2 différents types de passage (inférieurs et supérieurs), nous avons utilisé les passages supérieurs Redearth et Wolverine, qui se trouvent tous les 2 à moins de 300 m d'un passage inférieur. La comparaison de passages fauniques situés à quelques centaines de mètres les uns des autres nous a permis de contrôler partiellement les effets potentiellement

confondants liés à l'habitat et à la distribution des espèces. Nous avons regroupé les traversées des 2 passages supérieurs et les avons comparées aux données regroupées des 2 passages inférieurs situés à proximité, au cours des 12 dernières années. Nous avons aussi calculé le pourcentage annuel de traversées de chaque type de passage, à l'aide d'un facteur de sélection des passages fauniques, *S*, basé sur la formule suivante :

$$S_a = (\text{Supérieur} - \text{Inférieur}) / (\text{Supérieur} + \text{Inférieur})$$

où Supérieur et Inférieur réfèrent au nombre de traversées des animaux à l'an *a* dans les passages supérieurs et inférieurs, respectivement. Une valeur positive de *S* signifiait une préférence des animaux pour les passages supérieurs et une valeur négative, une préférence pour les passages inférieurs. Une valeur de 0 indiquait une utilisation similaire des 2 types de passage.

Résultats et discussion

Nous avons observé des préférences différentes pour les 2 types de passage selon l'espèce en cause (tableau 2). Les grizzlis, les orignaux, les cerfs et les wapitis étaient presque toujours observés dans des passages supérieurs et ont démontré les plus hauts taux d'utilisation des passages supérieurs parmi toutes les espèces étudiées. Les ours noirs ont montré un comportement plutôt changeant face aux 2 types de structure, avec des valeurs de *S* variant de -1 à 1 selon l'année. Les cougars et les coyotes utilisaient les 2 types de passage également, avec des valeurs de *S* près de 0, année après année. Toutefois, les cougars ont semblé préférer les passages supérieurs durant les premières années du suivi, alors que les coyotes ont montré une préférence marquée pour les passages supérieurs durant la dernière année de suivi (figure 2). Les loups ont davantage préféré les passages supérieurs, sauf en 2003 et avant 2001. Ce changement vers l'utilisation accrue des passages supérieurs par le loup avec les années pourrait refléter leur adaptation progressive aux passages fauniques disponibles (Clevenger et collab., 2009).

Adaptation aux passages fauniques

Matériel et méthodes

Nous avons utilisé les séries temporelles de données les plus longues possible (1997 à 2008 ; Phase IIIA) pour déterminer le temps d'adaptation aux passages fauniques

Tableau 1. Sommaire des données de traversées des passages fauniques pour chaque phase de construction des mesures d'atténuation de l'autoroute Transcanadienne, dans le Parc national de Banff, de novembre 1996 à mars 2011.

Phase	Ours grizzli	Ours noir	Ours spp.	Loup	Cougar	Coyote	Orignal	Wapiti	Cerfs spp.	Mouflon	Carcajou	Lynx	Humain	Total
Phases I et II	351	1008	22	3 296	1 146	4 831	51	37 377	80 812	4 711	0	2	18 625	152 862
Phase IIIA	492	303	20	1 586	346	2 534	152	5 051	53 598	39	8	1	964	65 094
Phase IIIB	30	6	5	35	1	47	19	113	183	0	1	0	196	636
TOTAL	873	1 317	47	5 547	1 493	7 412	222	42 541	134 593	4 750	9	3	19 785	218 592

Tableau 2. Utilisation (nombre de traversées) de 2 passages supérieurs de l'autoroute Transcanadienne et de 2 passages inférieurs situés à proximité par 8 espèces de grands mammifères, Banff, 1997 à 2009.

Espèce	Supérieur	Inférieur
Grizzli	317	10
Ours noir	58	44
Loup gris	597	172
Cougar	41	66
Coyote	319	341
Orignal	84	1
Cerf	10 377	636
Wapiti	1388	418

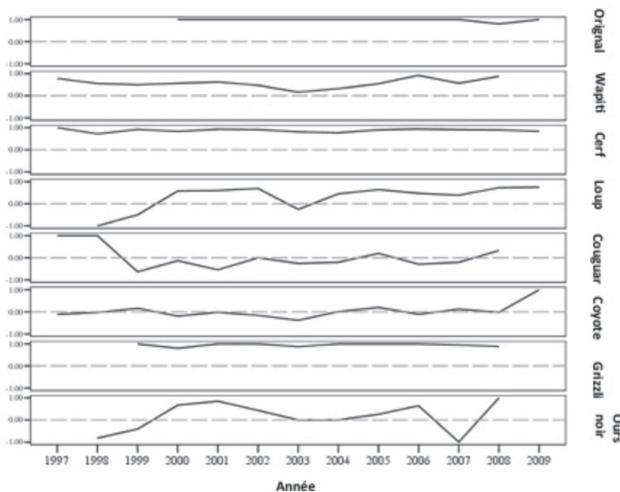


Figure 2. Utilisation de 2 passages supérieurs de l'autoroute Transcanadienne et de 2 passages inférieurs adjacents, par 8 espèces de grands mammifères à Banff, de 1997 à 2009. La valeur de +1,0 représente l'utilisation exclusive des passages supérieurs, la valeur de -1,0 représente l'utilisation exclusive des passages inférieurs et la valeur de 0 (ligne pointillée) représente l'absence de préférence pour l'un ou l'autre type de structure.

par les grands mammifères. Nous avons estimé les temps d'adaptation en analysant visuellement les graphiques de l'utilisation des passages fauniques au fil des ans par chacune des 8 espèces suivies (Clevenger et collab., 2009). À la suite de la construction d'un passage faunique, nous avons calculé le temps requis pour que l'utilisation de ce passage par chaque espèce atteigne un premier point d'inflexion (ou asymptote) qui était considéré comme la période d'adaptation initiale. Pour plusieurs espèces, un second point d'inflexion survenait

quelques années après le premier, point qui pourrait mieux représenter la période d'adaptation complète.

Résultats et discussion

L'examen des graphiques individuels d'utilisation des passages fauniques a permis de déterminer une période d'adaptation initiale et, dans la plupart des cas, une période d'adaptation complète un peu plus longue (voir l'exemple du coyote à la figure 3). L'adaptation initiale moyenne prenait de 3 ans (cougar, ours noir) à 6 ans (ours grizzli, loup gris; moyenne globale = 4,4 ans; tableau 3). Une estimation plus libérale de la période d'adaptation considérant le second point d'inflexion correspondait plutôt à une période de 3 à 9 ans (moyenne = 5,9 ans). Ces résultats démontrent que le suivi à long terme des infrastructures de la Phase IIIB est essentiel pour s'assurer que l'autoroute ne nuise pas au maintien des populations de grands mammifères de Banff et que l'intégrité écologique du parc soit conservée (Banff Bow Valley Study, 1996; Parks Canada, 1997; Golder Associates, 2004). La durée moyenne des suivis de l'utilisation des passages fauniques par la faune réalisés dans 18 études différentes était de 17 mois (Clevenger et Huijser, 2011). Les quelques études qui ont effectué un suivi de plus de 2 ans démontré que les animaux avaient besoin d'une période d'adaptation aux passages fauniques et que l'apprentissage par ceux-ci était un préalable important à leur utilisation éventuelle (Gagnon et collab., 2011). Le suivi des infrastructures de la Phase IIIB sera particulièrement important compte tenu de la présence dans cette région d'espèces dont la conservation est préoccupante, soit le carcajou, le lynx roux et l'ours grizzli. Actuellement, presque aucune information n'existe concernant l'utilisation des passages fauniques par le lynx et le carcajou. Il serait souhaitable que le suivi de la Phase IIIB se poursuive pendant au moins 5 ans, préférablement davantage, afin que l'étude permette d'évaluer de façon fiable la performance des mesures d'atténuation déployées lors de l'élargissement de l'autoroute. D'ailleurs, l'augmentation annuelle de l'utilisation des passages

Tableau 3. Nombre d'années nécessaires pour l'adaptation aux passages fauniques de l'autoroute Transcanadienne pour 8 espèces de grands mammifères à Banff, 1997-2008.

Espèce	Période initiale (ans)	Seconde période (ans)
Cerf	4	6
Wapiti	4	6
Orignal	5	7
Cougar	3	3
Ours noir	3	3
Grizzli	6	9
Loup	6	9
Coyote	4	4
Moyenne (écart type)	4,4 (1,2)	5,9 (2,4)

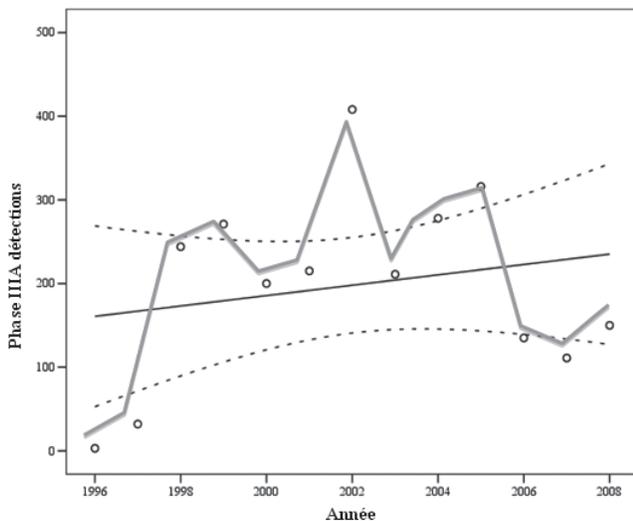


Figure 3. Utilisation annuelle des passages fauniques de la Phase IIIA de l'autoroute Transcanadienne par le coyote, dans le parc national de Banff. L'adaptation initiale aux passages fauniques a été estimée à 4 ans pour cette espèce.

fauniques de Banff par l'ours grizzli a souvent été mentionnée pour justifier l'importance des suivis à long terme (voir Clevenger et collab. 2009).

Les principales leçons tirées à Banff

Le long suivi des passages fauniques (15 ans) et la richesse de la grande faune de Banff ont fait en sorte qu'il est possible de dresser une liste de 10 découvertes et contributions clés provenant de la recherche effectuée à Banff, susceptibles d'aider les aménagistes du territoire ailleurs dans le monde.

1. Réduction du nombre de collisions

Les passages fauniques et les clôtures ont permis de réduire le nombre de collisions routières impliquant les grands mammifères de plus de 80 % et les espèces d'ongulés de 94 % (Clevenger et collab., 2001a). Ce résultat démontre que les mesures d'atténuation sont efficaces pour améliorer la sécurité routière et sont donc des investissements justifiés.

2. Placer les passages fauniques aux bons endroits

Lors de la planification de l'emplacement des passages fauniques, les zones à forte probabilité de collision sont souvent utilisées comme points de référence. Or, nos recherches démontrent que les endroits où les animaux traversent la route avec succès sont généralement différents des endroits où les animaux sont impliqués dans des collisions routières (Clevenger et collab., 2002a). Il est donc préférable d'avoir une connaissance préalable du comportement des animaux avant d'installer un passage faunique. Des modèles basés sur des données empiriques et simulant les mouvements des

animaux ont été validés et permettent d'identifier les meilleurs emplacements pour la construction des passages fauniques (Clevenger et Wierzchowski, 2006). Là où ces données sont disponibles, elles permettent l'établissement de modèles de mouvement adaptés aux différentes espèces, qui aident à identifier les caractéristiques et les endroits stratégiques le long de l'autoroute. Les modèles de mouvement basés sur l'opinion d'experts représentent aussi une méthode valide pour identifier l'emplacement des passages fauniques (Clevenger et collab., 2002b). Ainsi, lorsque les données empiriques manquent (ce qui est souvent le cas), des modèles d'habitat servant de substituts aux données de mouvement peuvent être développés en consultant des experts.

3. Les passages fauniques sont utilisés par la faune

Les passages fauniques ont été utilisés abondamment par la faune (Clevenger et collab., 2002a, 2009). Depuis leur mise en place, 11 espèces de grands mammifères ont été détectées dans les passages de Banff et 220 000 passages ont été dénombrés.

4. Des infrastructures adaptées aux espèces

Des préférences spécifiques existent quant à l'utilisation des différents types de passages fauniques (Clevenger et Waltho, 2000, 2005; Clevenger et collab., 2009). Les espèces animales démontrent des préférences pour certaines caractéristiques de l'habitat et aussi pour les différents types de passages fauniques. Toutefois, un simple décompte des traversées dans les passages fauniques par les espèces ne procure pas les informations rigoureuses et fiables qui sont nécessaires pour déterminer les éléments facilitant le passage des animaux. Les aménagistes doivent aussi prendre en compte le comportement des espèces.

5. Prévoir un temps d'adaptation aux infrastructures

Il existe une période d'adaptation aux passages fauniques, ce qui rend les suivis à long terme nécessaires (Clevenger et collab., 2009). Les animaux ont besoin de temps pour localiser les nouveaux passages, mais aussi pour ressentir un niveau de sécurité suffisant pour les incorporer dans leurs déplacements journaliers ou saisonniers. Cette période d'adaptation est beaucoup plus longue que la plupart des études de suivi réalisées à ce jour, même pour les espèces d'ongulés les plus communes (Clevenger et Huijser, 2011).

6. Des passages pour la faune, non pour les humains

L'utilisation des passages fauniques par l'homme dissuade la faune de les emprunter (Clevenger et Waltho, 2000). Ce résultat n'est pas surprenant, considérant les effets du dérangement anthropique sur la sélection d'habitats et sur

les mouvements des animaux (Gibeau et collab., 2002). De même, la qualité des corridors de conservation permettant la connectivité de l'habitat repose sur l'absence de dérangement anthropique, autant que possible (Hebblewhite et collab., 2005).

7. Ne pas se limiter à des évaluations superficielles

L'utilisation des passages fauniques par la faune ne suffit pas pour les considérer comme efficaces. Une fois en place, les passages fauniques doivent être suivis et évalués afin de déterminer leur valeur en termes de conservation et de performance sur le plan écologique. Des principes portant sur la planification et le suivi des mesures d'atténuation ont été développés à Banff : ceux-ci considèrent l'étendue des buts écologiques, des fenêtres temporelles et des changements de conditions à l'échelle du paysage (Clevenger, 2005).

8. Des infrastructures efficaces pour les ours grizzlis et noirs

Les passages fauniques sont bénéfiques pour les niveaux de population d'ours grizzlis et d'ours noirs de Banff (Sawaya, non publ.). Plus de 100 traversées annuelles chez ces 2 espèces suggèrent que ces mesures d'atténuation procurent des avantages démographiques et génétiques à ces populations. Pourtant, certains spécialistes croient que ces observations ne suffisent pas et que seule la réponse numérique des populations pourra démontrer formellement la valeur des passages fauniques pour la conservation. De plus, l'utilisation des passages fauniques ne garantit pas la connectivité génétique (Corlatti et collab., 2009).

9. Des caméras de surveillance

Le suivi des passages fauniques à l'aide de caméras est aussi efficace que le recensement des pistes (trappes à pistes) et procure un meilleur rapport coût-bénéfice à long terme (Ford et collab., 2009). Le suivi des pistes a été la méthode prédominante durant plusieurs années, mais le coût de plus en plus faible des caméras et leur entretien facile (les caméras peuvent être laissées sur les sites pendant des semaines, voire des mois) en font une méthode qui gagne en popularité. Les 2 méthodes ne permettent pas de détecter 100 % des animaux qui traversent les passages, mais le pairage des 2 méthodes sur plusieurs sites nous a permis de déterminer les avantages et désavantages des 2 techniques sur le long terme (Ford et collab., 2009).

10. Pas de risque accru pour les espèces proies

Les passages fauniques de Banff ne sont pas des pièges pour les proies des prédateurs de grande taille (Ford et Clevenger, 2010), une observation qui a aussi été faite ailleurs (Little et collab., 2002). Il s'agit d'une préoccupation souvent soulevée, mais à laquelle nos recherches ont nettement

répondu, du moins en ce qui a trait aux loups et à leurs proies dans l'écosystème de Banff. ◀

Références

- BANFF BOW VALLEY STUDY, 1996. Banff-Bow Valley: at the crossroads. Summary report for the Banff-Bow Valley Task Force. Canadian Heritage, Ottawa, 245 p.
- BROWN, J.W., 2006. Eco-Logical: An ecosystem approach to developing infrastructure projects. Federal Highway Administration, Washington, 96 p.
- CLEVENGER, A.P., 2005. Conservation value of wildlife crossings: measures of performance and research directions. *GAIA*, 14: 124-129.
- CLEVENGER, A.P. et M.P. HUIJSER, 2011. Wildlife crossing structure handbook, design and evaluation in North America. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, 211 p.
- CLEVENGER, A.P. et N. WALTHO, 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology*, 14: 47-56.
- CLEVENGER, A.P. et N. WALTHO, 2003. Long-term, year-round monitoring of wildlife crossing structures and the importance of temporal and spatial variability in performance studies. *Proceedings of the 2003 ICOET Conference*, Lake Placid, p. 293-302.
- CLEVENGER, A.P. et N. WALTHO, 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation*, 121: 453-464.
- CLEVENGER, A.P. et J. WIERZCHOWSKI, 2006. Maintaining and restoring connectivity in landscapes fragmented by roads. Dans: CROOKS, K. et M. SANAYAN (édit.). *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press, New York, p. 502-535.
- CLEVENGER, A.P., B. CHRUSZCZ et K. GUNSON, 2001a. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin*, 29: 646-653.
- CLEVENGER, A.P., B. CHRUSZCZ et K. GUNSON, 2001b. Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology*, 38: 1340-1349.
- CLEVENGER, A.P., B. CHRUSZCZ, K. GUNSON et J. WIERZCHOWSKI, 2002a. Roads and wildlife in the Canadian Rocky Mountain Parks – Movements, mortality and mitigation. Final Report (October 2002). Report prepared for Parks Canada, Banff, 451 p.
- CLEVENGER, A.P., J. WIERZCHOWSKI, B. CHRUSZCZ et K. GUNSON, 2002b. GIS-generated expert based models for identifying wildlife habitat linkages and mitigation passage planning. *Conservation Biology*, 16: 503-514.
- CLEVENGER, A.P., A.T. FORD et M.A. SAWAYA, 2009. Banff wildlife crossings project: integrating science and education in restoring population connectivity across transportation corridors. Final report to Parks Canada Agency, Radium Hot Springs, 165 p.
- CORLATTI, L., K. HACKLANDER et F. FREY-ROOS, 2009. Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. *Conservation Biology*, 23: 548-556.
- DAVENPORT, J. et J.L. DAVENPORT (Éditeurs), 2006. *The ecology of transportation: managing mobility for the environment*. Springer, Londres, 389 p.
- EVINK, G., 2002. Interaction between roadways and wildlife ecology: a synthesis of highway practice. National Cooperative Highway Research Program Synthesis 305, Transportation Research Board, Washington, 78 p.
- FORD, A.T. et A.P. CLEVENGER, 2010. Validity of the prey trap hypothesis for carnivore-ungulate interactions at wildlife crossing structures. *Conservation Biology*, 24: 1679-1685.
- FORD, A.T., A.P. CLEVENGER et A. BENNETT, 2009. Comparison of non-invasive methods for monitoring wildlife crossing structures on highways. *Journal of Wildlife Management*, 73: 1213-1222.
- FORMAN, R.T.T., 1998. Road ecology: a solution for the giant embracing us. *Landscape Ecology*, 13: 3-5.

- FORMAN, R.T.T., D. SPERLING, J. BISSONNETTE, A.P. CLEVINGER, C. CUTSHALL, V. DALE, L. FAHRIG, R. FRANCE, C. GOLDMAN, K. HEANUE, J. JONES, F. Swanson, T. TURRENTINE et T. WINTER, 2003. Road ecology: science and solutions. Island Press, Washington, 481 p.
- GAGNON, J.W., N.L. DODD, K.S. OGREN et R.E. SCHWEINSBURG, 2011. Factors associated with use of wildlife underpasses and importance of long-term monitoring. *Journal of Wildlife Management*, 75: 1477-1487.
- GIBEAU, M.L., A.P. CLEVINGER, S. HERRERO et J. WIERZCHOWSKI, 2002. Grizzly bear response to human development and activities in the Bow River watershed, Alberta. *Biological Conservation*, 103: 227-236.
- GOLDER ASSOCIATES, 2004. Screening report for the Trans-Canada Highway twinning project Phase IIIB, Banff National Park. Report for Parks Canada, Banff National Park, 343 p.
- HEBBLEWHITE, M., C. WHITE, C. NIETVELT, J. MCKENZIE, T. HURD, J. FRYXELL, S. BAYLEY et P. PAQUET, 2005. Human activity mediates a trophic cascade caused by wolves. *Ecology*, 86: 2135-2144.
- HILTY, J., W. LIDICKER et A. MERENLENDER, 2006. Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press, Washington, 323 p.
- HOLLAND, W.D. et G.M. COEN, 1983. Ecological land classification of Banff and Jasper national parks. Volume 1: Summary. Alberta Institute of Pedology, Edmonton, 193 p.
- HOLROYD, G.L. et K.J. VAN TIGHEM, 1983. Ecological (biophysical) land classification of Banff and Jasper national parks. Volume 3. The wildlife inventory, Canadian Wildlife Service, Edmonton, 289 p.
- LITTLE, S.J., R.G. HARCOURT et A.P. CLEVINGER, 2002. Do wildlife passages act as prey-traps? *Biological Conservation*, 107: 135-145.
- MCGUIRE, T.M. et J.F. MORRALL, 2000. Strategic highway improvements to minimize environmental impacts within the Canadian Rocky Mountain national parks. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 27: 523-32.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2005. Assessing and managing the ecological impacts of paved roads. The National Academies Press, Washington, 294 p.
- PARKS CANADA, 1997. Banff National Park management plan. Ministry of Canadian Heritage, Ottawa, 74 p.
- RILEY, S.P.D., J.P. POLLINGER, R.M. SAUVAJOT, E.C. YORK, C. BROMLEY, T.K. FULLER et R.K. WAYNE, 2006. A southern California freeway is a physical and social barrier to gene flow in carnivores. *Molecular Ecology*, 15: 1733-1741.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2002. Environmental research needs in transportation. Conference Proceedings 28. National Academy Press, Washington, 122 p.

CIMA
Partenaire de génie

Une équipe à l'écoute de vos besoins vous accompagne dans la réalisation de vos projets en environnement!

Besoin de solutions adaptées?
Notre équipe multidisciplinaire peut vous aider!

- ▲ biologistes
- ▲ ingénieurs
- ▲ agronomes
- ▲ hydrogéologues
- ▲ géographes
- ▲ urbanistes

<p>Saint-Romuald Christian Gagnon 2030, boulevard de la Rive-Sud, bureau 201 Saint-Romuald (Québec) G6W 2S6 (418) 834-2273</p>	<p>Saint-Jérôme Pascal Dubé 300, rue de Longpré, bureau 200 Saint-Jérôme (Québec) J7Y 3B9 (450) 436-2174 poste 8222</p>	<p>Montréal Robert Hamelin 40, rue Notre-dame Ouest, bureau 900 Montréal (Québec) H3C 3K6 (514) 337-2462 poste 3018</p>	<p>Gatineau Jean Roberge 420 boulevard Maloney Est, bureau 201 Gatineau, (Québec) J8P 1E7 (819) 663-9294 poste 6319</p>
---	--	--	--