



# L'impact des constructions routières sur la fragmentation du territoire en Suisse (1885-2002) : quelles leçons retenir ?

Jochen A. G. Jaeger

Volume 136, Number 2, Spring 2012

Routes et faune terrestre : de la science aux solutions

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1009112ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1009112ar>

[See table of contents](#)

## Publisher(s)

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

## ISSN

0028-0798 (print)

1929-3208 (digital)

[Explore this journal](#)

## Cite this article

Jaeger, J. A. G. (2012). L'impact des constructions routières sur la fragmentation du territoire en Suisse (1885-2002) : quelles leçons retenir ? *Le Naturaliste canadien*, 136(2), 83–88. <https://doi.org/10.7202/1009112ar>

## Article abstract

Les passages et les corridors fauniques suscitent un intérêt croissant au Canada, où il existe un besoin grandissant pour de telles infrastructures. On assiste aujourd'hui à une hausse constante du taux de fragmentation du territoire, causée notamment par la construction de routes. Ces constructions menacent la survie de plusieurs espèces animales, d'où l'importance d'adopter des mesures préventives lors de l'aménagement du territoire. La Suisse, contrairement au Québec, est avancée dans la réalisation de telles mesures : ce pays a instauré sur son territoire un réseau de corridors fauniques protégés. Le présent article résume les recommandations qui se sont dégagées d'une récente étude du morcellement des écosystèmes helvétiques de 1885 à 2002.

# L'impact des constructions routières sur la fragmentation du territoire en Suisse (1885-2002): quelles leçons retenir ?

Jochen A.G. Jaeger

## Résumé

Les passages et les corridors fauniques suscitent un intérêt croissant au Canada, où il existe un besoin grandissant pour de telles infrastructures. On assiste aujourd'hui à une hausse constante du taux de fragmentation du territoire, causée notamment par la construction de routes. Ces constructions menacent la survie de plusieurs espèces animales, d'où l'importance d'adopter des mesures préventives lors de l'aménagement du territoire. La Suisse, contrairement au Québec, est avancée dans la réalisation de telles mesures: ce pays a instauré sur son territoire un réseau de corridors fauniques protégés. Le présent article résume les recommandations qui se sont dégagées d'une récente étude du morcellement des écosystèmes helvétiques de 1885 à 2002.

**MOTS CLÉS :** biodiversité, corridors fauniques, passages à faune, perméabilité des infrastructures routières, viabilité des populations animales

## Introduction

La fragmentation des paysages canadiens ne cesse d'augmenter. C'est pourquoi les passages et les corridors fauniques ainsi que les systèmes de surveillance de la biodiversité suscitent un intérêt croissant au Canada. Dans ce domaine, le cas de la Suisse est exemplaire: on y a construit les premiers passages fauniques dans les années 1990.

## Un projet visant à limiter la fragmentation territoriale

Dès les débuts du projet de quantification de l'état de la fragmentation territoriale suisse, les chercheurs ont identifié 6 types de barrières paysagères: les zones urbaines, les routes primaires, secondaires et tertiaires, les chemins de fer et les montagnes de plus de 2 100 m (Bertiller et collab., 2007; Jaeger et collab., 2007). Il subsistait des parcelles vierges de milieu naturel de différentes tailles dans ce réseau de barrières, et ces secteurs ont été observés à partir de 1885 afin d'y suivre l'évolution de la fragmentation (figure 1). Aujourd'hui, les zones urbaines se sont multipliées, et les réseaux routier et ferroviaire se sont beaucoup étendus. Par conséquent, les parcelles subsistantes dans le réseau sont beaucoup plus petites qu'auparavant. De plus, les animaux sont confinés à des espaces de plus en plus restreints.

La « densité effective de mailles » ( $s_{\text{eff}}$ ) permet de quantifier le degré de fragmentation d'un territoire donné (Jaeger, 2000; Jaeger et collab., 2008, 2011). Plus un paysage est fragmenté, plus la densité effective de mailles est élevée. La notion de densité effective de mailles a été élaborée à partir du concept de connectivité du paysage, qui correspond au degré selon lequel un paysage permet ou restreint le mouvement des animaux (Taylor et collab., 1993). La densité effective de mailles s'illustre en superposant un quadrillage régulier sur la carte

géographique où la taille de chaque carré représente la largeur effective de maille,  $m_{\text{eff}}$  (encadré 1). Les données indiquent que le degré de fragmentation du paysage a augmenté de 230 % au cours des 120 dernières années en Suisse (figure 1).

## Restauration du système national de corridors fauniques

Lorsque les premières études d'impact des routes sur l'environnement ont été effectuées en Suisse, les planificateurs et les écologistes ont réalisé que le réseau routier isolait des parcelles de forêt. En outre, les mesures de compensation ou d'atténuation mises en place pour contrer cet effet néfaste étaient insuffisantes. Depuis les années 1980, plusieurs études ont permis de sensibiliser les planificateurs en transport à ce problème (p. ex. Burnand et collab., 1986; Société suisse de biologie de la faune, 1995). Parmi les études menées, l'une d'entre elles proposait une estimation des coûts engendrés par les effets collatéraux de la circulation automobile et ferroviaire. On estimait que les coûts externes associés à l'effet de barrière causé par la circulation représentaient entre 264 et 746 millions de francs suisses par année au total, et le montant le plus important de cette somme était de loin attribuable aux routes (Office fédéral du développement territorial, non daté). En 1999, à la suite du congrès « Faune et trafics » tenu à Lausanne, un recensement des connaissances disponibles à ce jour sur le thème de la fragmentation du paysage a été produit (École polytechnique fédérale de Lausanne-Laboratoire des voies de circulation, 1999). Puis, en 2001, Holzgang et collab. ont

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

*jjaeger@alcor.concordia.ca*

publié les résultats de leur étude sur les corridors fauniques dans laquelle ils évaluèrent tous les corridors fauniques faisant partie du réseau national. Parmi les 303 corridors d'importance nationale, l'étude a permis de déterminer que 28 % étaient alors intacts, 56 % perturbés et 16 % rompus. En comparant le réseau national de corridors fauniques aux lignes de rupture causées par les routes primaires, secondaires et tertiaires, on a observé la présence de conflits territoriaux entre les corridors fauniques et les infrastructures routières (Bertiller et collab., 2007). Par conséquent, l'Office fédéral des routes (OFROU) et l'Office

fédéral de l'environnement (OFEV) ont uni leurs efforts afin de restaurer le réseau national de corridors fauniques de la Suisse. Le pays compte actuellement 35 grands passages fauniques (figure 2) auxquels on est en train d'ajouter 40 nouveaux grands passages (Holzgang et collab., 2005 ; Righetti, 2008). Pour soutenir le projet et en assurer sa mise en place, chaque canton a établi les plans détaillés des mesures à prendre et des corridors fauniques à implanter dans son territoire.

La largeur des passages fauniques était l'élément le plus important à considérer pour assurer l'efficacité du réseau de

corridors fauniques. En se basant sur les données empiriques disponibles, les planificateurs ont convenu qu'il était nécessaire de prévoir une largeur minimale de 50 m pour les passages fauniques dédiés et de 100 m pour les passages multifonctionnels (Pfister et collab., 2002).

**Recommandations dégagees de l'expérience suisse**

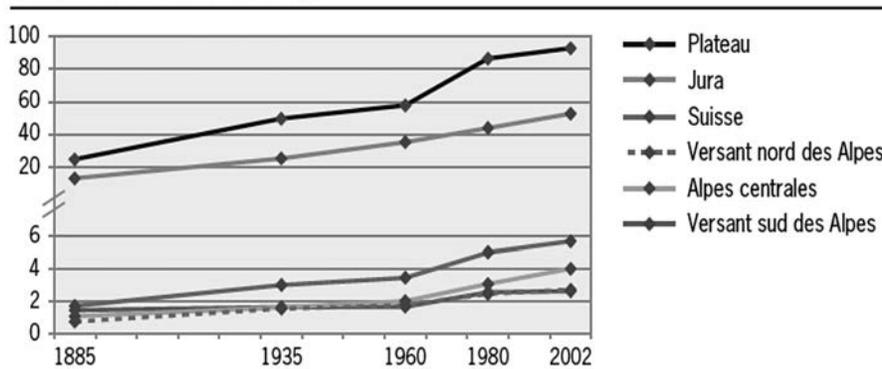
**Méconnaissance des seuils de dégradation de la viabilité des populations animales**

À ce jour, nous ne disposons d'aucune donnée concernant les différents seuils de détérioration de la viabilité des populations animales (figure 3). Par conséquent, il importe de prendre davantage de précautions lors des planifications territoriales, afin de prévenir le déclin subit d'une espèce.

La viabilité des populations ne diminue pas de façon linéaire avec l'ajout de voies routières à un paysage: elle atteint plutôt un seuil où se produit un changement subit de la viabilité (Jaeger et Holderegger, 2005 ; Robinson et collab., 2010). Or, à ce jour, nous n'avons pas suffisamment de données pour identifier ces seuils critiques. Cette lacune pose problème, car elle met en évidence notre méconnaissance des répercussions réelles du développement territorial sur les populations animales. Ainsi, le déclin d'une population animale pourrait survenir de façon inattendue, ne serait-ce que par l'ajout d'une seule route, dans le cas où celle-ci engendre le dépassement de la valeur seuil de cette population.

**Morcellement du paysage en dessous de 2100 m (surfaces terrestres)**

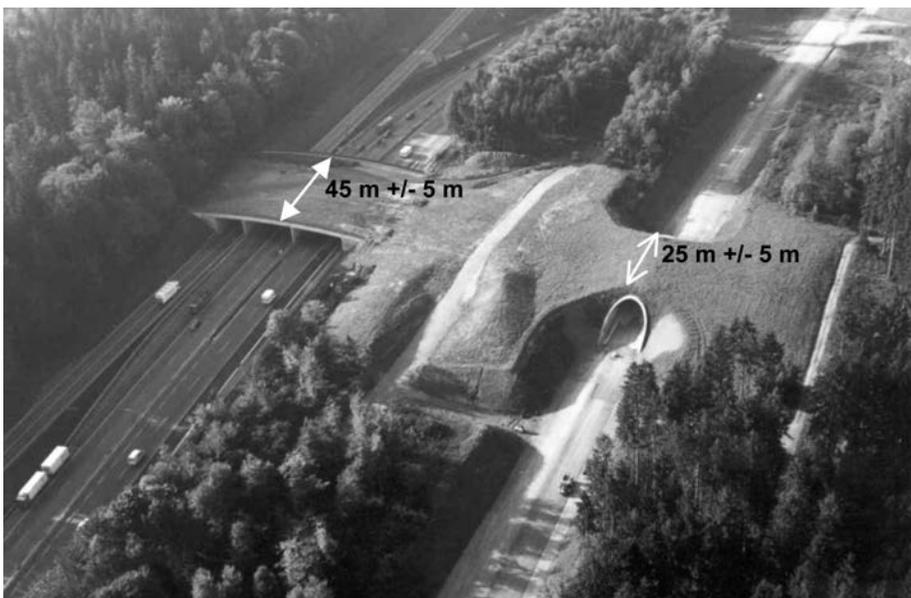
Densité effective de mailles  $s_{eff}$



**Exemple de lecture:** La densité effective de mailles  $s_{eff}$  (soit le nombre effectif de mailles sur une surface de 1000 km<sup>2</sup>) exprime la probabilité que deux points choisis au hasard soient séparés par des obstacles (p. ex. rues ou éléments bâtis). Plus  $s_{eff}$  est élevé, plus le degré de morcellement du territoire est grand.

Source: Jaeger, J., Bertiller, R., Schwick, C. (2007): Morcellement du paysage en Suisse – Analyse du morcellement 1885-2002 et implications pour la planification du trafic et l'aménagement du territoire, version succincte, Office fédéral de la statistique © OFS

Figure 1. Présentation de l'évolution de la fragmentation du paysage en Suisse depuis 1885 par l'Office fédéral de la statistique dans leur publication « L'environnement suisse: Statistique de poche » destinée au grand public (Office fédéral de la statistique, 2007).

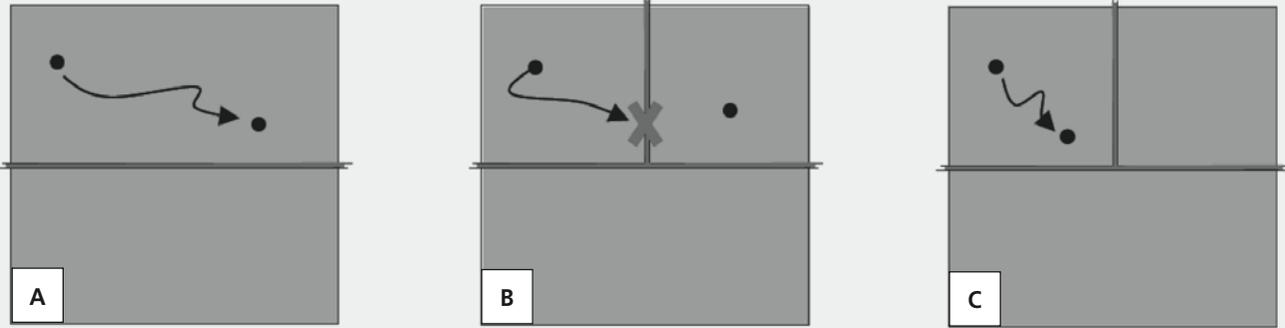


Martin Frick

Figure 2. Exemple d'un lien créé pour maintenir la connectivité d'un corridor faunistique près de Birchwald/Berne.

**Encadré 1 : Définition de la densité effective de mailles ( $s_{eff}$ ) et de la largeur effective de maille ( $m_{eff}$ )**

La fragmentation du paysage implique une réduction de la connectivité. La définition de la largeur effective de maille ( $m_{eff}$ ) repose sur la probabilité que deux points choisis au hasard soient situés dans une surface commune sans être séparés par un obstacle infranchissable (a). Lorsqu'une nouvelle route est bâtie, la connectivité entre ces deux points est perdue (b).



Plus il y a de barrières sur le territoire, plus le nombre de points interconnectés est faible (c), et plus la largeur effective de maille est petite (Jaeger, 2000). S'ils se trouvent dans la même parcelle, les animaux sont en mesure de se déplacer d'un lieu à un autre. Par contre, s'ils ne se trouvent pas dans la même parcelle, il se peut que l'animal ne puisse se rendre jusqu'à l'autre parce qu'il est tué sur la route ou qu'une barrière l'en empêche. Il est donc possible de calculer la probabilité que deux individus de la même espèce se rencontrent et se reproduisent. La formule est la suivante :

$$m_{eff} = \left( \left( \frac{A_1}{A_{total}} \right)^2 + \left( \frac{A_2}{A_{total}} \right)^2 + \left( \frac{A_3}{A_{total}} \right)^2 + \dots + \left( \frac{A_n}{A_{total}} \right)^2 \right) \cdot A_{total} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^n A_i^2$$

où  $n$  représente le nombre de parcelles,  $A_1$  à  $A_n$  l'aire des parcelles, et  $A_{total}$  l'aire totale du paysage examiné. La première partie de la formule calcule la probabilité que deux points choisis au hasard fassent partie de la même parcelle. La deuxième partie, en multipliant la probabilité initiale par l'aire totale du paysage ( $A_{total}$ ) permet d'obtenir la surface d'une maille, c'est-à-dire la surface moyenne sur laquelle les animaux peuvent se déplacer sans rencontrer d'obstacles. Les mailles peuvent ensuite être comparées aux mailles d'autres territoires (Bertiller et collab., 2007).

Nous pouvons aussi estimer le nombre de mailles présentes à l'intérieur d'une parcelle de 1000 km<sup>2</sup>. Ce nombre correspond à la densité effective de mailles ( $s_{eff}$ ). Elle peut être déterminée très simplement à partir de la largeur effective de maille : il suffit de calculer combien de fois celle-ci est comprise sur une surface de 1000 km<sup>2</sup>. La formule est la suivante :

$$s_{eff} = \frac{1000 \text{ km}^2}{m_{eff}} \cdot \frac{1}{1000 \text{ km}^2} = \frac{1}{m_{eff}}$$

Par exemple, pour une largeur effective de maille ( $m_{eff}$ ) de 25 km<sup>2</sup>, la densité effective de mailles qui lui correspond est :  $s_{eff} = 1 \text{ maille}/25 \text{ km}^2 = 40 \text{ mailles pour } 1000 \text{ km}^2$ . Les deux valeurs contiennent donc la même information sur le paysage, mais la densité de mailles est plus appropriée pour l'identification de tendances.

L'équation générale de la largeur effective de maille correspond à la somme des carrés de toutes les parcelles restantes dans le paysage divisée par la taille totale du territoire. Il est possible de calculer cette valeur pour n'importe quel territoire en utilisant un système d'information géographique (SIG).



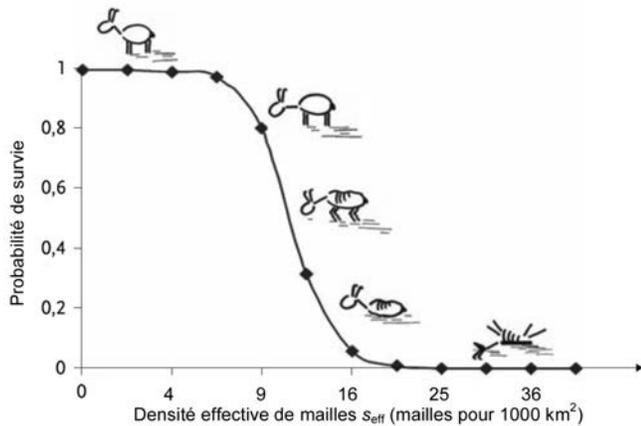


Figure 3. Illustration théorique de la relation existant entre la fragmentation du territoire et la viabilité des populations animales (adaptation de Jaeger et Holderegger, 2005). La position du seuil de dégradation dépend de la quantité et de la qualité d'habitat qui est disponible dans le paysage, ainsi que de l'intensité de l'effet de barrière. Quelle est la proportion des animaux qui évitent la route? Combien de fois tentent-ils de traverser la route, et combien d'entre eux sont tués en essayant de le faire? Ces paramètres fluctuent en fonction de l'espèce et de la densité de la circulation sur les routes.

### La « dette d'extinction »

Les délais au terme desquels les populations animales réagissent à la fragmentation de leur habitat sont en général considérables. Il faut attendre plusieurs années, voire des décennies, avant que les effets réels associés au morcellement de l'habitat, tout comme la mortalité causée par la circulation elle-même, soient observables à la suite de la fragmentation d'un territoire (figure 4; Findlay et Bourdages, 2000). Les conséquences tangibles de la réduction de la connectivité entre les différentes aires fauniques se manifestent donc à la suite d'un temps plus ou moins long. Après ce délai, la population commence à devenir vulnérable : elle décline et présente de plus grandes fluctuations relatives menant finalement à sa disparition. Tilman et collab. (1994) ont nommé ce phénomène la « dette d'extinction » des paysages. Cela correspond au nombre de populations animales qui occupent un territoire et qui sont appelées à disparaître dans les prochaines décennies en raison des changements apportés à ce territoire.

### L'application du principe de précaution

Étant donné la méconnaissance des seuils de détérioration de la viabilité des populations animales associées à la densification des routes, et donc des délais de réaction des différentes espèces à la fragmentation de leur territoire, le principe de précaution doit primer dans l'élaboration des projets routiers, urbanistiques et miniers. Plutôt que d'attendre encore 15 ou 20 ans, jusqu'à ce que la recherche identifie les seuils de détérioration des groupes d'animaux, il est impératif de limiter la construction de routes sur le territoire canadien.

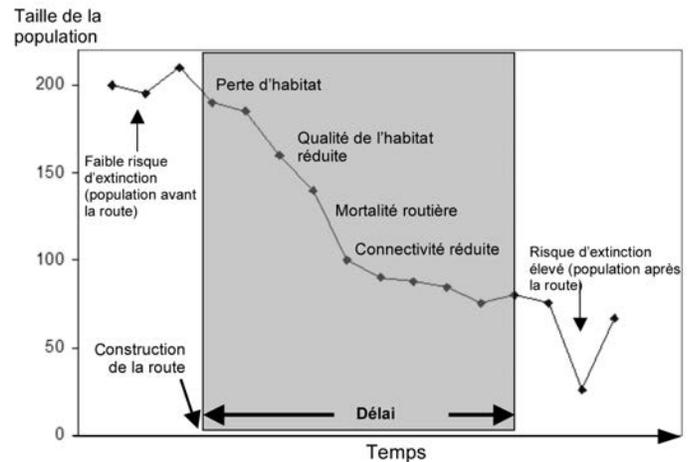


Figure 4. Les 4 principaux impacts écologiques de la présence des routes sur les populations animales et leurs délais d'apparition (représentés par la zone en gris). Lorsque ces 4 conséquences deviennent effectives sur le terrain, souvent après plusieurs décennies, la taille de la population est déjà plus petite et la variation relative de la taille de la population est plus prononcée. Cela indique que la population devient vulnérable. (Tiré de Forman et collab., 2003.)

Alors que les mesures entreprises par les autorités pour atténuer les effets dévastateurs des constructions routières sur la biodiversité sont encore aujourd'hui essentiellement réactives, il est urgent de faire valoir de nouvelles méthodes de conservation davantage proactives où la vigilance serait de mise. Ce principe est désormais courant dans les politiques environnementales européennes. Quant au gouvernement canadien, il précise dans sa législation qu'on ne peut « [...] invoquer l'absence de certitude scientifique complète pour différer les décisions comportant un risque de préjudice grave ou irréversible » (Gouvernement du Canada, 2003).

### Les systèmes d'évaluation

L'élaboration de systèmes d'évaluation de l'état de la biodiversité est plus que jamais nécessaire, afin de pallier le manque de connaissance des impacts causés par les modifications territoriales des dernières décennies. L'objectif est de mieux comprendre les processus environnementaux et territoriaux pour mieux agir à l'avenir, de manière plus concertée et plus crédible. Beaucoup de pays ont entrepris de pareilles démarches. À ce titre, le système de suivi de la biodiversité en Suisse (BDM) vise à évaluer l'impact réel du développement routier et urbain sur l'environnement. Le système de surveillance comprend 32 indicateurs au total et l'un d'entre eux sert à mesurer le « morcellement du paysage » (Confédération suisse, 2011).

Suivre l'évolution du taux de fragmentation d'un territoire permet de connaître l'évolution de la situation sur ce territoire, d'apprécier les résultats des efforts de conservation et de gestion environnementale et de déterminer les moyens

d'améliorer leur efficacité. Il est possible de détecter les tendances lourdes qui affectent un territoire donné et menacent la biodiversité, et de déterminer le rythme d'évolution des ruptures paysagères causées par la construction de routes.

### **La prévention est moins dispendieuse que la réparation**

Après avoir évalué les 303 corridors fauniques d'importance nationale, Holzgang et collab. (2001) ont conclu que 218 d'entre eux étaient sectionnés. Depuis 2001, leur restauration a nécessité des sommes considérables. On s'attend à ce qu'un tel projet coûte de plus en plus cher à l'avenir. Les études menées en Suisse ont permis de dégager certaines recommandations utiles à la protection des corridors fauniques dans d'autres contextes. On propose d'abord de cartographier les corridors écologiques afin de mieux planifier le développement urbain et routier. Ensuite, il importe de s'assurer que la largeur des corridors soit suffisante. Enfin, retenons qu'il est beaucoup moins dispendieux de construire des passages fauniques en même temps qu'une route que de les construire sur une route existante, comme l'ont fait plusieurs pays d'Europe. À titre d'exemple, les Pays-Bas ont récemment alloué jusqu'à 410 millions € à un programme national de défragmentation visant à installer des structures de passage le long des autoroutes, des lignes ferroviaires et des voies navigables existantes (van der Grift, 2005). Dans le cas du Québec, les coûts associés à ce type de projet de réfection pourraient être évités, car les corridors fauniques de la province sont encore jusqu'à présent peu morcelés. Cependant, il est urgent de protéger ces corridors, avant que le réseau routier ne se densifie et que les corridors ne soient coupés.

### **Évaluation des passages à faune**

Plusieurs études ont entrepris d'évaluer l'utilisation des passages à faune. Ces études confirment l'emprunt de ces passages par de nombreuses espèces animales. Toutefois, elles n'indiquent pas le taux de survie effectif des populations animales qui ont emprunté le corridor. Même si les passages sont empruntés, il est possible que plusieurs individus d'une même espèce soient quand même tués sur la route si celle-ci n'est pas clôturée. C'est pourquoi les programmes d'évaluation des passages fauniques doivent mesurer le taux de changement démographique de la population animale présente dans la zone étudiée.

Une étude de type BACI (*Before-After-Control-Impact*) permet de comparer l'état de la faune dans un territoire donné avant et après la construction d'une route. Une des premières étapes devrait être de recenser les populations animales avant et après la mise en place de la route (Roedenbeck et collab., 2007). La méthode BACI permet également de déterminer si l'impact observé a bien été causé par l'ajout de la route ou bien par tout autre changement survenu dans l'environnement. Une deuxième étape importante consiste à comparer la taille de la population du site traversé par la route à celle d'un site périphérique protégé, c'est-à-dire un site typique de la région

qui permet d'identifier d'autres facteurs qui pourraient faire fluctuer la taille de la population animale dans la région étudiée.

Les études de type BACI permettent, en outre, d'identifier les progrès associés aux mesures de restauration des corridors fauniques. Pour ce faire, il s'agit de comparer le site restauré avec 2 sites de contrôle: le site 1 étant une aire sans route et le site 2 une aire comportant une route sur laquelle aucune mesure d'atténuation n'a été appliquée. Lorsque les animaux s'avèrent aussi nombreux dans l'aire entourant le corridor restauré que dans l'aire exempte de ruptures, la restauration du passage faunique peut être considérée scientifiquement satisfaisante. Bien qu'il soit le seul à permettre l'évaluation rigoureuse d'un passage faunique, le modèle BACI est encore très peu utilisé dans le monde.

### **Normes et juridictions: limiter le développement d'infrastructures**

En 1985, le gouvernement fédéral allemand s'était fixé pour objectif d'inverser la tendance observée quant au changement de vocation de terres arables utilisées pour la construction et à la fragmentation du paysage (Bundesminister des Innern, 1985). L'aménagement régional allemand avait pour principe, entre autres, de sauvegarder de vastes espaces non morcelés et à faible circulation automobile. Toutefois, la fragmentation du paysage n'a cessé d'augmenter depuis l'adoption du principe. Par conséquent, l'Office fédéral de l'environnement en Allemagne a récemment proposé l'adoption d'une méthode basée sur la largeur effective de maille afin de contrôler le taux d'accroissement de la fragmentation territoriale (Penn-Bressel, 2005). Ainsi, la décroissance de la largeur effective de maille ne pourra pas dépasser un certain pourcentage de sa valeur actuelle jusqu'en 2015 (tableau 1). L'initiative allemande est significative. En proposant l'adoption d'une réglementation basée sur une méthode rigoureuse, l'Allemagne démontre un réel intérêt à suivre l'évolution de la fragmentation des écosystèmes sur son territoire et à intervenir légalement en cas de non-respect des limites adoptées. Il s'agit d'une première mondiale.

**Tableau 1. Limites discutées en Allemagne quant au taux de fragmentation toléré sur des territoires déjà fortement fragmentés. Ces chiffres ont été proposés par l'Office fédéral allemand de l'environnement (Penn-Bressel, 2005).**

Largeur effective de maille ( $m_{\text{eff}}$ ) (km <sup>2</sup> ) en 2002	Diminution maximale de la largeur effective de maille (%) d'ici 2015
< 10	1,9
10 – 20	2,4
20 – 35	2,8
> 35	3,8

Imaginons un pays doté d'un réseau de corridors fauniques et où, paradoxalement, il ne subsisterait plus aucun habitat naturel. Sans aire faunique, la construction de passages fauniques devient superflue, voire absurde. Ce type d'aberration

s'est produit en Suisse il y a 20 ans. On a construit un passage faunique près d'un carrefour autoroutier. Ce passage n'a jamais été utilisé en raison de son mauvais emplacement. Les passages fauniques ne sont pas compatibles avec les lieux où se concentrent les activités humaines. Il est donc primordial de songer à la qualité de l'espace choisi avant d'aménager un passage faunique. Le choix de cet espace sera déterminé en fonction de la proximité d'aires fauniques dont on veut maintenir la connectivité et de la densité de la population humaine qui y transite.

## Conclusion

Au terme des expérimentations menées en Suisse, nous percevons l'importance de mettre en place des mesures concrètes pour limiter la construction de nouvelles routes ou d'infrastructures avant que leur trop grande densification ne mette en danger certaines populations animales. Nous accordons une importance toute particulière au principe de précaution qui doit primer au cœur des décisions qui guident le développement urbanistique et territorial. Nous soulignons que l'état des connaissances actuelles ne permet pas de prévoir tous les effets réels de la présence des routes (et autres constructions) sur la faune, ni d'appréhender le seuil de non-viabilité à partir duquel les conditions territoriales ne permettront plus la survie d'une espèce. Il est nécessaire de considérer les répercussions des nouvelles infrastructures sur la faune, aussi bien dans les aires non protégées que protégées, c'est-à-dire dans l'ensemble du paysage.

## Remerciements

Je remercie Lise Couillard pour la traduction d'une version antérieure de cet article et Élise Prioleau pour les améliorations linguistiques de la version la plus récente. Merci également à Yves Bédard, René Bertiller, Anthony Clevenger, Christian Dussault, Lenore Fahrig, Christian Schwick, Martin-Hugues St-Laurent, Gilbert Thélin, Edgar van der Grift et Rodney van der Ree, qui m'ont généreusement parlé de leurs expériences et qui m'ont fourni de précieux documents essentiels à cette recherche sur la fragmentation du territoire. ◀

## Références

BERTILLER, R., C. SCHWICK et J. JAEGER, 2007. Landschaftszerschneidung Schweiz: Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. ASTRA rapport no 1175, Office fédéral des routes, Berne, 229 p.

BUNDESMINISTER DES INNERN, 1985. Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. Bundestags-Drucksache 10/ 2977 vom 7. März 1985. Kohlhammer, Stuttgart, 91 p.

BURNAND, J.D., G. BERTHOUD, J. SIGRIST et S. MÜLLER, 1986. Comportement du gibier dans une zone de terrain traversée par une route. La faune et le trafic automobile dans le canton de Vaud. ECONAT, Rapport final pour le Département fédéral de l'Intérieur, mandat de recherche n° 16/81, Union des professionnels suisses de la route, Yverdon, 145 p.

CONFÉDÉRATION SUISSE, 2011. Monitoring de la biodiversité en Suisse. Office fédéral de l'environnement (OFEV). Disponible en ligne à : [www.biodiversitymonitoring.ch/fr/home.html](http://www.biodiversitymonitoring.ch/fr/home.html). [Visité le 11-12-10].

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE-LABORATOIRE DES VOIES DE CIRCULATION, 1999. Actes de la conférence Faune et trafics. Laboratoires des voies de circulation, Lausanne, 291 p.

FINDLAY, C.S. et J. BOURDAGES, 2000. Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands. *Conservation Biology*, 14 : 86-94.

FORMAN, R.T.T., D. SPERLING, J.A. BISSONETTE, A.P. CLEVENGER, C.D. CUTSHALL, V.H. DALE, L. FAHRIG, R. FRANCE, C.R. GOLDMAN, K. HEANUE, J.A. JONES, F.J. SWANSON, T. TURRENTINE et T.C. WINTER, 2003. *Road ecology : science and solutions*. Island Press, Washington, 481 p.

GOVERNEMENT DU CANADA, 2003. Cadre d'application de la précaution dans un processus décisionnel scientifique en gestion du risque. Gouvernement du Canada, bureau du Conseil privé, Ottawa, 14 p.

HOLZGANG, O., H.P. PFISTER, D. HEYNEN, M. BLANT, A. RIGHETTI, G. BERTHOUD, P. MARCHESI, T. MADDALENA, H. MÜRI, M. WENDELSPIESS, G. DÄNDLIKER, P. MOLLET et U. BORNHAUSER-SIEBER, 2001. Les corridors faunistiques en Suisse. Cahier de l'environnement n° 326, Faune sauvage. BUWAL, SGW et Vogelwarte Sempach, Berne, 116 p.

HOLZGANG, O., A. RIGHETTI et H.P. PFISTER, 2005. Schweizer Wildtierkorridore auf dem Papier, in den Köpfen und in der Landschaft. *GAIA*, 14 : 148-151.

JAEGER, J.A.G., 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size : New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15 : 115-130.

JAEGER, J. et R. HOLDEREGGER, 2005. Schwellenwerte der Landschaftszerschneidung. *GAIA*, 14 : 113-118.

JAEGER, J., R. BERTILLER et C. SCHWICK, 2007. Morcellement du paysage en Suisse. Analyse du morcellement 1885-2002 et implications pour la planification du trafic et l'aménagement du territoire. Version succincte. Office fédéral de la statistique, Neuchâtel, 36 p.

JAEGER, J.A.G., R. BERTILLER, C. SCHWICK, K. MÜLLER, C. STEINMEIER, K.C. EWALD et J. GHAZOUL, 2008. Implementing landscape fragmentation as an indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development (MONET). *Journal of Environmental Management*, 88 : 737-751.

JAEGER, J.A.G., T. SOUKUP, L.F. MADRIÑÁN, C. SCHWICK et F. KIENAST, 2011. Landscape fragmentation in Europe. Joint EEA-FOEN report. EEA Report No 2/2011. European Environment Agency (EEA) et Swiss Federal Office for the Environment (FOEN). Publications Office of the European Union, Luxembourg, 87 p. doi:10.2800/78322.

OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE, 2007. L'environnement suisse – statistique de poche 2007. Office fédéral de la statistique, Neuchâtel, 36 p.

OFFICE FÉDÉRAL DU DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL, non daté. Les coûts externes imputables aux transports dans le domaine de la nature et du paysage. Monétarisation des pertes et fragmentation des habitats. Résumé. Office fédéral du développement territorial, Berne, 6 p.

PENN-BRESSEL, G., 2005. Begrenzung der Landschaftszerschneidung bei der Planung von Verkehrswegen. *GAIA*, 14 : 130-134.

PFISTER, H.P., V. KELLER, D. HEYNEN et O. HOLZGANG, 2002. Bases écologiques pour la faune dans la construction routière. *Strasse und Verkehr*, 88 : 101-108.

RIGHETTI, A. 2008. Passages à faune en Suisse : aperçu des étapes cruciales en faveur de la biodiversité. Dans : *Routes et faune sauvage : Infrastructures de transport et petite faune*, Actes du colloque de la 4<sup>e</sup> rencontre, 21 et 22 septembre 2005, Chambéry, France. Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra), Bagnoux, p. 128-133.

ROBINSON, C., P.N. DUINKER et K.F. BEAZLEY, 2010. A conceptual framework for understanding, assessing, and mitigating ecological effects of forest roads. *Environmental Reviews*, 18 : 61-86.

ROEDENBECK, I.A., L. FAHRIG, C.S. FINDLAY, J. HOULAHAN, J.A.G. JAEGER, N. KLAR, S. KRAMER-SCHADT et E.A. VAN DER GRIFT, 2007. The Rauschholzhausen-agenda for road ecology. [En ligne] *Ecology and Society*, 12 (1) : art. 11.

SOCIÉTÉ SUISSE DE BIOLOGIE DE LA FAUNE, 1995. Faune, construction de routes et trafic. Biologie de la faune pour la pratique. Société suisse de biologie de la faune, Coire, 54 p.

TAYLOR, P.D., L. FAHRIG, K. HENEIN et G. MERRIAM, 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68 : 571-573.

TILMAN, D., R.M. MAY, C.L. LEHMAN et M.A. NOWAK, 1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature*, 371 : 65-66.

VAN DER GRIFT, E.A., 2005. Defragmentation in the Netherlands : A success story? *GAIA*, 14 : 144-147.