

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ENJEUX ET PISTES DE SOLUTION DANS LA CONCEPTION D'UN RÉSEAU  
ÉCOLOGIQUE POUR LA CEINTURE VERTE DE MONTRÉAL

ESSAI

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR JEAN-MARTIN VEILLEUX

AVRIL 2016



## TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES .....	iii
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES ACRONYMES .....	vii
RÉSUMÉ.....	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 MISE EN CONTEXTE .....	5
Les Basses-Terres du Saint-Laurent.....	5
Perte d’habitats .....	6
La fragmentation.....	7
CHAPITRE 2 BASES THÉORIQUES.....	11
Les réseaux écologiques .....	11
Zone de conservation.....	12
Corridors .....	12
Zone tampon .....	16
CHAPITRE 3 CONCEPTION DE LA CEINTURE VERTE.....	19
La ceinture verte de Montréal .....	19
La conception du réseau écologique de la Ceinture Verte .....	21
L’approche de Gonzalez <i>et al.</i> .....	23
Faiblesses de Gonzalez <i>et al.</i> .....	24
L’approche de Gauthier.....	26
Faiblesses de Gauthier .....	27

Faiblesses communes de Gonzalez <i>et al.</i> et de Gauthier .....	29
L'approche de Cormier <i>et al.</i> .....	30
Faiblesses de Cormier <i>et al.</i> .....	31
Le Plan métropolitain d'aménagement et de développement .....	33
Faiblesses du PMAD .....	34
CHAPITRE 4 PISTE DE SOLUTION .....	37
La méthode du CRECQ .....	37
1. Établir l'objectif .....	40
2. Définir l'aire d'étude .....	42
3. Récolter les données .....	43
4. Identifier les noyaux de conservation .....	44
5. Créer les corridors .....	46
6. Optimiser la cartographie de la connectivité .....	48
7. Valider les corridors .....	50
8. Mise en œuvre de la connectivité .....	50
CONCLUSION .....	51
RÉFÉRENCES .....	55
ANNEXES .....	63

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 Représentation conceptuelle de la configuration spatiale d'un réseau écologique.....	63
Figure 2 Configuration des corridors naturels .....	64
Figure 3 Aires naturelles prioritaires pour la conservation de Conservation de la nature pour la région de la Ceinture verte de Montréal .....	65
Figure 4 Ceinture Verte de Montréal proposée par Bigras <i>et al.</i> en 2011 au nom de Nature-Action Québec lors des consultations sur la PMAD.....	65
Figure 5 Modélisation de la priorisation des terres en perspective de créer des corridors écologiques pour la région de Montréal .....	65
Figure 6 Carte représentant les 31 boisés et 52 corridors d'intérêt métropolitains pour le Programme d'acquisition et de conservation des espaces boisés (Fond Vert) .....	65
Figure 7 Combinaison de deux différentes méthodes de sélection de zones de conservation et de trois méthodes de création de corridor afin de montrer les différences engendrées par le choix entre ces méthodes.....	65



## **LISTE DES ACRONYMES**

BTSL	Basses-terres du Saint-Laurent
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
CRECQ	Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec
FDS	Fondation David Suzuki
MCV	Mouvement Ceinture Verte
MDDEFP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
MRNF	Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune
NAQ	Nature-Action Québec
PHSL	Plaine du haut Saint-Laurent
PMAD	Plan Métropolitain d'Aménagement et de Développement
PPEAM	Partenaires du Parc Écologique de l'Archipel de Montréal



## RÉSUMÉ

Les écosystèmes produisent des services qui profitent aux humains (santé, sécurité, milieu de vie et relations sociales agréables, etc.). La protection de la biodiversité s'avère nécessaire au maintien de ceux-ci. Malheureusement, dans la Plaine du haut Saint-Laurent (PHSL) on constate une forte perte d'habitat causée par une surexploitation des ressources ligneuses, une agriculture intensive et une forte urbanisation. À cette perte d'habitat s'ajoute une fragmentation des populations d'espèces qui deviennent plus sensibles aux perturbations locales et donc susceptibles à la disparition locale. Une dynamique de métapopulation où il y a une constante colonisation des individus issus des îlots «sources» vers des îlots «puits» aide par contre ces populations à se stabiliser et à durer dans le temps. La connectivité entre les îlots résiduels de forêt s'avère donc essentielle aux espèces qui y vivent. Un réseau écologique est une solution mise de l'avant pour établir une telle connectivité. Celui-ci est doté de trois composantes : la zone de conservation, le corridor et la zone tampon. Le deuxième comporte plusieurs types (corridor pas-à-pas, corridor d'habitats, mosaïque d'habitats) et peut parfois créer des effets négatifs. Différentes méthodes de conception existent pour concevoir le réseau écologique de la Ceinture Verte de Montréal. Cet essai s'intéresse aux enjeux reliés aux différentes approches de conception d'un réseau écologique pour le territoire de la région naturelle de la PHSL afin de concrétiser la Ceinture Verte de Montréal et propose une solution face à ces enjeux. En premier lieu, il existe des méthodes dites plus «scientifiques» : Gonzalez *et al.* (2013) et de Gauthier (2014). L'une basée sur la modélisation et l'autre sur les inventaires terrains, ces deux méthodes n'intègrent pas dans leur démarche les choix et les contraintes qui émergent des réalités sociales, politiques et administratives du milieu. L'enjeu est donc la place laissée aux acteurs sociaux lors de la conception d'un réseau écologique. En deuxième lieu, il y a les méthodes dites de planification du «bas vers le haut» : Cormier *et al.* (2012) et la Trame verte et bleue de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM, 2012). Ces deux méthodes conçoivent le réseau écologique à partir des contraintes locales (sociopolitiques et biophysiques), mais comportent certaines faiblesses d'un point de vue scientifique. Le deuxième enjeu est donc l'adoption d'une approche de planification basée sur la connectivité fonctionnelle et une planification à l'échelle régionale. En guise de solution et pour résoudre ces deux enjeux, l'approche proposée par le Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec (CRECQ, 2014) structure en huit étapes le travail conjoint d'un groupe de concertation de membres de la communauté et d'un comité d'experts scientifiques et techniques. Au bout du compte, cet essai a démontré qu'une approche interdisciplinaire intégrant une démarche socioadministrative et scientifique était nécessaire pour concevoir un corridor écologique de manière complète et satisfaisante. De nouvelles critiques émergeront probablement à l'égard de l'approche du CRECQ au cours des prochaines années, mais elle restera une source importante d'inspiration.



## INTRODUCTION

Grâce à leur fonctionnement naturel, les écosystèmes assurent des services écologiques qui facilitent et permettent l'existence de l'être humain (Robert, 2014). Les milieux humides préviennent les inondations, les boisés filtrent l'air, les insectes pollinisent les plantes agricoles, etc. L'étude de ces services a produit une nomenclature qui les catégorise en services d'approvisionnement (aliments, eau douce), de régulation (crues, climat, air sain), de soutien (formation de sols, recyclage des nutriments), et en services culturels (activités récréatives, spirituelles) (MDDEFP, 2013; MEA 2005). Des écosystèmes intègres et fonctionnels profitent conséquemment à la santé, à la sécurité et au maintien d'un milieu de vie et de relations sociales agréables à l'humain.

Si le fonctionnement naturel des écosystèmes est utile et essentiel au bien-être humain, ces dynamiques peuvent difficilement être substituées par la technologie (Toussaint et Dupras, 2013). Voilà une des raisons pourquoi il est dans l'intérêt des collectivités de les maintenir (Robert, 2014). Dans ce sens, Cormier *et al.* (2012) soulignent que le fonctionnement à long terme des services écologiques des écosystèmes est lié au maintien de la biodiversité. La protection de la biodiversité s'avère donc être un enjeu pour le bien-être collectif (MDDEFP, 2013).

Le maintien de la biodiversité est assuré entre autres lorsque les échanges génétiques sont fréquents entre les populations des espèces. Pour ce faire, ces populations doivent être suffisamment proches les unes des autres afin de permettre le mouvement des individus (Cormier *et al.*, 2012). Une connectivité entre les milieux naturels assure en effet à la fois la subsistance des populations, des habitats et des services écologiques. La connectivité est donc essentielle au maintien du bien-être des écosystèmes et des humains. La mise en place d'un réseau écologique est une

manière par laquelle l'humain peut aménager le territoire afin d'assurer la connectivité dans un paysage fragmenté (Robert, 2014).

Au Québec, il existe différents projets de connectivité écologique. L'un d'entre eux est le projet de Ceinture Verte de Montréal. En 2012, la Fondation David Suzuki (FDS) et Nature-Action Québec (NAQ) ont proposé la création d'un réseau écologique sur le territoire de la région naturelle de la Plaine du haut Saint-Laurent (PHSL) comme moyen de concrétiser cette Ceinture Verte. Cet essai s'intéresse à la conception de ce réseau écologique. À partir d'une revue de littérature sur le sujet, il a pour objectif d'identifier les enjeux de cette conceptualisation et de suggérer des pistes de solution. Il se décline en trois chapitres.

Le premier chapitre dressera le portrait des Basses-terres du Saint-Laurent puisque la PHSL en fait partie (Li et Ducruc, 1999). Il sera démontré qu'il s'agit d'un des territoires les plus riches du Québec en termes de biodiversité et que la perte et la fragmentation de l'habitat menacent cette biodiversité.

Au deuxième chapitre, la notion de connectivité sera abordée, car elle constitue une approche privilégiée pour résoudre certains effets négatifs de la fragmentation. Cela permettra aussi de comprendre les bases théoriques des réseaux écologiques qui ont pour objectifs de rétablir la connectivité. Les parties qui assurent le fonctionnement des réseaux (composantes fonctionnelles) seront décrites.

Le troisième chapitre de l'essai traite de la thématique principale. Des méthodes de conception de réseaux écologiques seront comparées entre elles afin de mettre en évidence les enjeux de la conceptualisation. En guise de piste de solution, une approche qui réconcilie ces enjeux sera proposée. La méthode de Gonzalez *et al.* (2013), ainsi que de Gauthier (2014) seront abordées en premier lieu, suivies des

approches de Cormier *et al.* (2012) et de la Trame verte et bleue de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM, 2012). Les deux premières approches seront analysées par rapport à la faisabilité socioadministrative (enjeu #1) tandis que les deux autres seront critiquées sur le plan de la connectivité (enjeu #2). Ainsi les enjeux de la conception d'un réseau écologique se trouvent dans la prise en considération de la contingence socioadministrative et par la prise en compte d'une connectivité fonctionnelle<sup>1</sup> régionale. Ces deux enjeux seront résolus par une approche proposée en guise de piste de solution : l'approche du Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec (CRECQ, 2014). Celle-ci a le double avantage de considérer les contraintes du milieu socio-administratif par la mise en place d'un groupe de concertation (composé d'acteurs locaux et gouvernementaux) et de faire appliquer à ce groupe une méthode basée sur les connaissances scientifiques qui résume l'approche de plusieurs auteurs et qui compte sur l'accompagnement d'un comité d'experts.

---

<sup>1</sup> La connectivité fonctionnelle conçoit les corridors en fonction des exigences de déplacement d'espèces cibles. Une autre approche serait la connectivité structurelle qui lie des îlots d'habitats entre eux sans se référer aux besoins d'espèces. La section 1 du chapitre 4 approfondit ces deux notions



## CHAPITRE 1 MISE EN CONTEXTE

### Les Basses-Terres du Saint-Laurent

Selon le cadre écologique de référence du Québec, la région naturelle de la Plaine du haut Saint-Laurent (PHSL) (d'une superficie de 17 000 km<sup>2</sup>), qui délimite le territoire de la Ceinture Verte, se retrouve dans la province naturelle des Basses-terres du Saint-Laurent (BTSL) (29 000 km<sup>2</sup>).

Malgré sa très faible part du territoire du Québec (1,7 %), les BTSL comptent une part importante de sa biodiversité. Plus des deux tiers des plantes vasculaires du Québec sont représentés dans cette province naturelle. Cette richesse élevée s'explique en partie du fait que certaines espèces<sup>2</sup> s'y retrouvent à la limite nord de leur aire de distribution continentale (MRNF, 2003). Pour l'avifaune, des 240 espèces d'oiseaux nicheurs répertoriés au Québec, plus de 200 s'y reproduisent. De plus, des millions d'oiseaux font leur arrêt chaque année le long du Saint-Laurent puisqu'il s'agit d'une voie de migration majeure pour la sauvagine et un lieu très important pour la reproduction des canards de l'est du continent nord-américain (Gratton, 2010). Des 33 espèces d'amphibiens et de reptiles du Québec, seulement quatre en sont absentes (Ibid.). Mis à part les grands carnivores extirpés du Sud québécois, toutes les espèces de mammifères terrestres et semi-aquatiques caractéristiques de la forêt feuillue y vivent encore (Ibid.). Plus de 80 espèces de poissons d'eau douce s'y trouvent (Ibid.). Elle possède ainsi l'unique espèce animale endémique au Québec, le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) dont les seules frayères connues se trouvent sur la rivière Richelieu (Ibid.).

---

<sup>2</sup> telles que le caryer ovale, le caryer cordiforme, le micocoulier occidental, le chêne blanc, le chêne bicolore, l'érable noir, l'orme liège et le pin rigide.

Les Basses-terres du Saint-Laurent offrent une variété d'habitats permettant l'alimentation et la reproduction de la faune, et ce, dans une des régions du Québec les plus perturbées par l'humain (Gratton, 2010). En effet, le sud du Québec n'est pas uniquement l'endroit où l'on retrouve le plus d'espèces au Québec, c'est aussi là que l'on rencontre le plus d'activité anthropique. Ces activités expliquent pourquoi plus de 235 plantes vasculaires et 60 animaux y sont menacés ou vulnérables soit 60% et 77% de toutes les espèces en situation précaire du Québec (Ibid.).

La forte activité humaine de la région s'explique par un climat doux, un vaste réseau hydrographique et des sols riches et fertiles propices à l'agriculture (Ibid.). Cette intense présence est à l'origine des deux phénomènes qui jouent un rôle clé dans le déclin des espèces sauvages : la perte et la fragmentation des habitats terrestres et aquatiques (Environnement Canada, 2013).

### **Perte d'habitats**

La perte des habitats est la cause numéro un affectant la biodiversité mondiale (Pimm *et al.*, 1995). En effet, on observe une forte baisse des populations aviaires lorsque la superficie forestière diminue en deçà du seuil de 30 % (Environnement Canada, 2013; Flather et Bevers, 2002; Radford *et al.*, 2005; Rompré *et al.*, 2010). Or, plus de 70 % des municipalités régionales de comté (MRC) des Basses-terres du Saint-Laurent possèdent un couvert boisé inférieur à 30 % (MDDEFP, 2013; Environnement Canada, 2013). Dans le sud du Québec, la perte d'habitat est historiquement causée par une surexploitation des ressources ligneuses (particulièrement les pins blancs et les chênes) puis, depuis le milieu du 19<sup>e</sup> siècle, par une utilisation des terres orientée vers l'agriculture et une forte urbanisation (Gratton, 2010).

Au-delà de la perte nette d'habitats, on observe leur morcellement en fragments de plus petite taille qui sont de plus en plus isolés les uns des autres. On parle alors de fragmentation (Fahrig, 2003). Si celle-ci peut être le résultat d'une cause naturelle, comme les feux de forêt (Andren, 1994), la fragmentation des BTSL est principalement causée par une expansion et une intensification de l'utilisation du territoire par l'humain. Elle n'est donc pas un processus naturel propre au maintien des cycles naturels des écosystèmes, des espèces qui les occupent et des services écosystémiques.

### **La fragmentation**

La fragmentation consiste en une perte nette d'habitat, une réduction de la superficie des fragments d'habitat et en une isolation progressive des fragments les uns par rapport aux autres (Andren, 1994; Fahrig, 2003). Du fait qu'elle modifie l'organisation spatiale des milieux naturels et limite les échanges (d'individus, de gènes, d'espèces) qui ont lieu entre eux, la fragmentation altère la structure des communautés végétales et animales, ce qui cause une perte de richesse et de diversité (Andren, 1994). La fragmentation entraîne donc un isolement dans des îlots de petite taille. Cela cause de la consanguinité chez certaines espèces peu mobiles, une augmentation de la vulnérabilité des populations aux agressions (forte prédation, maladies, manque de nourriture, événement climatique défavorable, etc.), un déséquilibre du rapport des sexes, une réduction du flux des gènes, une perte d'espèces, une biodiversité réduite ou des changements dans la composition de la communauté (Amsallem *et al.*, 2010). Selon Gratton (2010) l'insularisation et la dégradation des écosystèmes isolés sont les plus importantes menaces au maintien de la biodiversité de la région des BTSL.

On peut observer les effets de la fragmentation dans quelques montérégiennes. Un inventaire des amphibiens et des reptiles effectué par Ouellet *et al.* (2004) dans le mont Royal, montre les effets de l'isolement suite à un enclavement dans un paysage aménagé. On y a observé la disparition de certaines espèces et une quantité d'espèces indigènes beaucoup moins grande que pour d'autres montérégiennes telles que le mont Mégantic ou le mont Saint-Bruno. Cette même étude montre que deux espèces de couleuvre ont disparu au cours du XXe siècle et qu'il n'y a plus aucune espèce de crapaud et de grenouille sur la montagne. De plus, l'étude émet l'hypothèse que considérant son isolement, le mont Royal pourrait voir une différenciation génétique chez certaines espèces d'amphibiens et de reptiles (Ouellet *et al.*, 2004; Robert, 2014).

En moins de 40 ans, à cause de l'isolement créé par la fragmentation, 4 espèces d'amphibiens seraient disparues de la réserve de la biosphère du mont Saint-Hilaire. On souligne aussi la perte de plusieurs populations de rainette faux-grillon de l'Ouest (*Pseudacris triseriata*), une espèce menacée, en périphérie du mont Saint-Bruno (Galois *et al.*, 2007).

### ***Les métapopulations***

Pour comprendre les mécanismes sous-jacents à la relation entre le couvert forestier, la fragmentation et la perte des espèces, on fait appel au concept de métapopulation. En outre, on utilise ce concept pour décrire les populations semi-isolées qui sont issues d'une dispersion dans une région (Environnement Canada, 2013). Comme il en a été question précédemment, une population locale va disparaître de son fragment suite à la pression de facteurs parfois aléatoires comme la prédation, le parasitisme, les conditions météorologiques défavorables, l'insuffisance de nourriture et les

catastrophes naturelles telles que le feu et les inondations. Lorsqu'un territoire donné est bien boisé dans son ensemble, ces fragments inhabités seront recolonisés par des individus issus de zones adjacentes où la population se maintient. Ce phénomène est appelé dynamique source-puits, car une zone est source de dispersion (colonisation) et une autre zone (puits) se caractérise par la disparition (extinction) (Ibid.).

La probabilité qu'un milieu soit recolonisé dépend de la distance qui le sépare des autres étendues semblables. Cette probabilité dépend de plus du mode de dispersion des espèces et de leur taille (Saunders *et al.*, 1991). C'est pourquoi la perte de connectivité entre les différents habitats affecte particulièrement les espèces à mobilité réduite ou ayant un mode de dispersion limitée comme les amphibiens et les reptiles (Gibbons *et al.*, 2000; Seburn *et Seburn*, 2000). Dans le cas où l'ensemble d'une région naturelle est peu boisé ou s'il n'y a pas de connectivité entre les fragments, les populations d'espèces à mobilité réduite peuvent être menacées de disparition, car l'isolement des habitats limite grandement leur possibilité de recolonisation (Ansalle *et al.*, 2010; Environnement Canada, 2013).

Ainsi, le maintien des capacités de déplacement des espèces est nécessaire à la préservation des populations donc de la biodiversité. En effet, la plupart des espèces s'adaptent mieux aux réseaux de milieux naturels interconnectés qu'aux environnements fragmentés (CRECQ, 2014). L'approche de protection de la nature par la préservation d'« îlots » de nature doit donc être intégrée à une vision plus globale de « réseau écologique », comprenant à la fois ces îlots (qui correspondent à des réservoirs de biodiversité) et des corridors qui les relient (Ansalle *et al.*, 2010). Bien qu'il puisse avoir son lot d'effets négatifs (e.g.: mouvement de prédateurs d'un îlot à l'autre, dispersion accrue des espèces envahissantes) (Bergès *et al.*, 2010), ce réseau écologique est donc une des façons les plus efficaces pour maintenir des

écosystèmes fonctionnels et augmenter leurs services écosystémiques (MDDEFP, 2013).

## CHAPITRE 2 BASES THÉORIQUES

Selon Gonzalez (2012), il existe 3 options pour maintenir et améliorer la biodiversité et les services écologiques: augmenter la superficie d'habitat terrestre naturel au-delà de 30%, restaurer la qualité des fragments existants et créer un réseau écologique pour relier les fragments avec des corridors (augmenter la connectivité).

Dans les BTSL, 70% des MRC possèdent un couvert boisé inférieur à 30% (MDDEFP, 2013; Environnement Canada, 2013), et la fragmentation est élevée. Des biologistes de la conservation mettent donc de l'avant la connectivité des habitats entre eux pour maintenir voire améliorer la viabilité des espèces (Bennett, 2003; CRECQ, 2014). En effet, lorsqu'il y a une faible proportion de milieux naturels dans une région, la fragmentation est un problème et la connectivité devient très importante pour maintenir les espèces.

### Les réseaux écologiques

Pour établir une connectivité, il est proposé de mettre en place des corridors entre les habitats déconnectés (Bergès *et al.*, 2010). On fait donc appel à des réseaux écologiques qui consistent en l'interconnexion de plusieurs corridors écologiques. En effet, si la notion de réseau écologique signifie beaucoup de choses différentes en écologie, elle signifie ici un ensemble d'écosystèmes sont liés entre eux par des flux d'organismes dans un ensemble spatialement cohérent, en interaction avec la matrice du paysage (Opdam *et al.*, 2006). C'est ainsi que l'on arrive au mieux à rétablir la connectivité au sein d'un paysage et donc à protéger la biodiversité et les processus écologiques (Bennet et Wit, 2001).

Si la terminologie associée à chacune des composantes des réseaux écologiques varie (Bernier et Théau, 2013), on identifie trois grandes composantes nécessaires à la formation d'un réseau écologique (Figure 1): les zones de conservation d'intérêt écologique, les zones tampons ainsi que les corridors (Bennett et Mulongoy, 2006; Kohler *et al.*, 2009).

### **Zone de conservation**

Pour établir un réseau écologique, il faut tout d'abord cibler les zones de conservation (aussi appelées zones noyaux, zones nodales ou réservoirs de biodiversité). Ceux-ci sont des milieux naturels de grande taille par exemple où la biodiversité est la plus riche et la mieux représentée (Ansalle *et al.*, 2010, Boucher et Fontaine, 2010). En effet, les zones de conservation sont des milieux naturels dotés des ressources nécessaires à la survie et au cycle de vie des espèces: alimentation, reproduction, repos. Ce sont soit des réservoirs à partir desquels des individus d'espèces présentes se dispersent, soit des espaces qui contiennent des milieux de grand intérêt (Ansalle *et al.*, 2010). Selon la théorie des métapopulations, ces zones sont des «sources» soit des zones dont la productivité des populations d'espèces concernées excède leur mortalité en individus. C'est donc à partir de ces zones où les populations où les individus excédentaires se propagent vers d'autres écosystèmes (Bennett et Mulongoy, 2006; Kohler *et al.*, 2009; Bernier et Théau, 2013).

### **Corridors**

Les corridors sont des voies de déplacement empruntées par la faune et la flore qui assurent les liaisons fonctionnelles entre les différentes zones de conservation afin de permettre un flux génétique ainsi qu'une libre circulation des individus dans

l'ensemble du réseau (Ansallem *et al.*, 2010; Robert, 2014). Cette circulation assure le maintien des processus écologiques et de la biodiversité dans les paysages fragmentés (Bennett et Mulongoy, 2006; Kohler *et al.*, 2009). Les corridors peuvent prendre une variété de formes, par contre on les regroupe en trois catégories (Figure 2): le corridor d'habitats, le corridor pas-à-pas (ou pas japonais) et la mosaïque d'habitats (CRECQ, 2014).

### ***Corridor d'habitats***

Les corridors d'habitats consistent en une bande d'habitats continue ou presque qui facilitent soit le déplacement d'espèces cibles soit les fonctions écologiques entre les zones de conservation (CRECQ, 2014).

### ***Corridor pas-à-pas***

Les corridors pas-à-pas (ou pas japonais) sont formés de petits fragments d'habitats relais situés entre deux noyaux de conservation. Ils présentent des caractéristiques semblables aux zones de conservation et aux corridors d'habitats, car ils procurent un abri et des ressources pour soutenir le mouvement des espèces entre les noyaux. Il s'agit d'habitats relais, car ces milieux naturels ne sont pas de taille ou de qualité suffisante pour être des noyaux de conservation (CRECQ, 2014, Robert, 2014).

### ***Mosaïque d'habitats***

Les mosaïques d'habitats constituent un paysage formé de nombreux fragments d'habitats de qualités différentes qui ne sont pas hostiles au mouvement de diverses

espèces animales. Une partie peut être idéale pour qu'une espèce y vive tandis que d'autres parties peuvent être seulement utilisées pour le déplacement ou sont simplement inhospitalières (CRECQ, 2014).

### ***Les aspects positifs des corridors***

Les corridors permettent aux îlots d'habitats d'être recolonisées grâce à l'arrivée d'organismes provenant d'autres fragments, ce que l'on nomme «effet de sauvetage». Conséquemment, le nombre d'espèces inféodées aux îlots d'habitats est plus important en présence de corridors que dans les milieux fragmentés. Dans le même sens, Gilbert *et al.* (1998) ont observé que les corridors continus contribuent à une plus grande richesse spécifique dans les îlots que les corridors coupés. Pour leur part, Gilbert-Norton *et al.* (2010) constatent qu'en liant par un corridor des habitats disjoints, on observe une augmentation d'environ 50% de la migration de vertébrés non aviaires, d'invertébrés et de plantes. Cela vient donc assurer le flux génique ainsi qu'une plus grande flexibilité dans la réponse de ces espèces face aux changements environnementaux, aux événements climatiques extrêmes et aux changements climatiques (CRECQ, 2014; Bergès *et al.*, 2010). En effet, les changements climatiques entraîneront des changements bioclimatiques qui forceront de nombreuses espèces à migrer afin de conserver les conditions favorables à leur cycle de vie (Berteaux *et al.*, 2014). On peut ainsi conclure que la connectivité maintient le lien entre la biodiversité et les services écosystémiques à l'échelle du paysage (Staddon *et al.* 2010).

### ***Les aspects négatifs des corridors***

Les corridors peuvent aussi être l'objet de critiques. Les corridors pourraient augmenter la propagation des espèces exotiques envahissantes, homogénéiser la diversité génétique par un flux de gènes excessif, faciliter la propagation des feux de forêt (et autres catastrophes contagieuses) et augmenter les risques de prédation ou de collision sur la route (Bergès *et al.*, 2010; CRECQ, 2014). En réalité, ces effets sont observés dans les corridors naturels non planifiés à des fins de conservation (Bergès *et al.*, 2010). C'est le cas de la végétation située aux abords des routes, des lignes de transports d'énergie et le long des clôtures agricoles non entretenues. Dans le sud du Québec, les corridors sont situés souvent à proximité de routes, ils augmentent donc les risques de mortalité chez les animaux qui fréquentent ces corridors (CRECQ, 2014). Bergès *et al.* (2010) soulignent finalement que malgré ces désavantages, peu d'études prouvent des effets néfastes de corridors construits ou préservés dans un but de conservation. En effet, une localisation réfléchie et une gestion adaptée des habitats servant de corridors peuvent compenser les effets néfastes. Dans ce sens, il existe une abondante littérature facilitant la prise de décision éclairée (Bentrup, 2008). La concertation avec des experts est aussi nécessaire afin de planifier adéquatement la restauration des corridors naturels (CRECQ, 2014). Les avantages des corridors dépassent donc les inconvénients, mais une certaine vigilance est nécessaire pour minimiser les impacts négatifs potentiels (Ibid.).

Un autre aspect controversé des corridors est leur efficacité à réellement créer une connectivité. Selon Bergès *et al.* (2010) bien que les synthèses les plus récentes montrent un rôle globalement positif, les recherches sur le rôle des corridors écologiques sont trop récentes pour conclure que des éléments de connectivité compenseraient les effets néfastes de la fragmentation des habitats. En effet, les corridors sont soumis à une efficacité qui varie selon certains facteurs: modalité de

dispersion et comportement des espèces, caractéristiques du corridor et nature de la matrice environnante. Pour sa part, Bennett (2003) croit que la controverse entourant les corridors est un faux débat puisqu'il ne concerne que les corridors linéaires continus.

### **Zone tampon**

Il s'agit de zones qui entourent le réseau écologique. Celles-ci visent à le protéger de l'effet de lisière<sup>3</sup> et à maintenir certains processus écologiques. Les zones tampons sont donc des espaces de transition à des fins de protection contre les dommages ou les perturbations provenant de l'extérieur du réseau (Bennett et Mulongoy, 2006; Kohler *et al.*, 2009). Dans ces zones, ne sont admis que les usages du territoire compatibles. Ce sont donc généralement dans ces zones que les activités associées à l'utilisation durable des milieux naturels sont favorisées telles que les terrains de camping, les activités récréotouristiques, etc. (Bernier et Théau, 2013).

La zone d'aménagement durable (Figure 1) est en quelque sorte une tentative d'élargir la notion de zone tampon aux types d'utilisation du territoire de la matrice anthropique (aménagement écologique de l'agriculture ou valorisation de la biodiversité en milieu urbain).

Au Québec, les premiers projets de connectivité ont eu lieu dans les années quatre-vingt-dix avec les travaux du Service canadien de la Faune d'Environnement Canada

---

<sup>3</sup> Une lisière est une limite nette et marquée par de forts contrastes entre deux milieux. L'effet de lisière induit donc des conditions micro-environnementales différentes de celles des milieux des forêts. Ces différences se font ressentir dans l'humidité relative, la température du sol et de l'air, l'humidité du sol, la luminosité, la quantité de matière organique au sol, l'acidité. Ces paramètres influencent en retour la plupart des variables biologiques (Marchand et Houle, 2006).

et de la Fondation Les Oiseleurs du Québec inc. Depuis ce temps, plusieurs autres projets ont été créés. En effet, le CRECQ (2014) recense treize projets de connectivité en cours de réalisation au Québec, quatre projets de restauration de corridors riverains et six projets de connectivité en cours de planification. La Ceinture Verte de Montréal compte parmi ces derniers.



## CHAPITRE 3 CONCEPTION DE LA CEINTURE VERTE

### La ceinture verte de Montréal

Historiquement, Londres fut la première à se doter d'une ceinture verte à la fin des années 1930. Au Canada, la ceinture de verdure d'Ottawa est mise en place en 1950 tandis qu'en 2005, on voit naître la Ceinture Verte de Toronto (Boucher et Fontaine, 2010). De nos jours, une centaine de villes à travers le monde ancrent leur développement dans ce genre d'infrastructures vertes<sup>4</sup> (Toussaint et Dupras, 2013). Montréal s'ajoutera probablement prochainement à cette liste.

Une ceinture verte est un espace ouvert où le développement est fortement régulé, voire défendu, qui est constitué entre autres de terres agricoles, de forêts, de parcs et qui entoure ou parcourt une ville afin de bloquer l'expansion urbaine (Toussaint et Dupras, 2013). Pour ce qui est de la Ceinture Verte de Montréal, il convient moins de la définir comme un «anneau boisé» que comme une trame ou un réseau interconnecté d'étendues et de corridors naturels verts et bleus (vert pour les milieux forestiers et bleus pour les zones d'eau) (IPAM, 2013). Celle-ci agirait entre autres afin de bloquer la perte annuelle de près de 2% des boisés, milieux humides et prairies de la région.

L'idée d'une Ceinture Verte à Montréal en tant que projet global visant à protéger les milieux naturels est portée depuis plusieurs années par plusieurs chercheurs et organisations différents tels qu'Andrew Gonzalez (Université McGill), les partenaires du parc écologique de l'Archipel de Montréal (PPEAM), Nature-Action Québec (NAQ), Héritage Laurentien et la Fondation David Suzuki (FDS). La Ceinture Verte

---

<sup>4</sup> par exemple Tokyo, Séoul, Sao Paulo, Bangkok, Berlin, Vienne, Barcelone, Budapest et San Francisco

est une idée qui réunit tous ces acteurs, mais à laquelle chacun peut associer des réalités différentes (Figures 3 et 4).

C'est pourquoi FDS et NAQ ont publié en 2012 un document de travail pour l'ensemble des acteurs intéressés. Ce rapport définit que le projet de Ceinture Verte de Montréal vise à créer «un réseau dynamique de milieux naturels et agricoles protégés et mis en valeur pour en assurer la fonctionnalité écologique<sup>5</sup>, la pérennité et l'accessibilité» (FDS et NAQ, 2012). Selon les auteurs, la mise en place d'une ceinture verte permettra «la mise en valeur, la protection et la restauration de la connectivité des milieux naturels de la région métropolitaine, favorisant le maintien de la biodiversité dans la région» (FDS, 2012).

Ce document délimite pour la première fois le périmètre de la Ceinture Verte. Les limites sont établies à la région naturelle de la Plaine du haut Saint-Laurent. Découlant du cadre écologique de référence du Québec, cette désignation dessine les contours de la Ceinture Verte sur les bases des paramètres persistants du paysage régional que sont le climat, la végétation, les dépôts de surface, le relief, le réseau hydrographique et la géologie. La définition de ce territoire de haute valeur écologique a l'avantage de permettre de connecter les populations des grands massifs forestiers des Appalaches, au sud, et des Laurentides, au nord (Toussaint et Dupras, 2013).

Toujours dans le même document, des «orientations stratégiques» énumèrent les différents objectifs de la Ceinture Verte. L'orientation première est de «protéger et mettre en valeur les milieux naturels de la grande région de Montréal», la deuxième

---

<sup>5</sup> «On entend par fonctionnalité écologique la capacité d'un écosystème à assurer ses cycles biologiques (reproduction, repos, nourriture, déplacement, etc.) et à fournir les services écologiques indispensables aux populations humaines (pollinisation, épuration naturelle des eaux, source de nourriture, etc.)» (La trame verte et bleue en basse-normandie, 2015)

est de «restaurer la connectivité naturelle entre les milieux pour maintenir la biodiversité» (FDS et NAQ, 2012). On peut donc dire que le projet de Ceinture Verte compte conceptualiser un réseau écologique pour la région naturelle de la Plaine du haut Saint-Laurent. Malgré l'énoncé de cette orientation, le réseau écologique à concrétiser reste à être défini. En effet, il n'y est pas question de comment concevoir le réseau écologique.

### **La conception du réseau écologique de la Ceinture Verte**

Puisque chaque projet est spécifique à la région considérée et aux objectifs de conservation à atteindre, il n'existe pas de méthodologie universelle de conception d'un réseau écologique (Jongman *et al.*, 2004) (bien qu'il puisse exister des principes généraux admis par la communauté scientifique).

Les paragraphes qui suivent font une revue critique de quatre approches de conception de réseaux écologiques dotés de forces similaires et de failles complémentaires. Cette revue identifie donc deux enjeux reliés à leurs faiblesses et termine par une approche à mettre de l'avant en guise de piste de solution pour répondre aux enjeux soulevés.

Il sera question en premier lieu de l'approche proposée par Gonzalez *et al.* (2013) et de Gauthier (2014). Le premier identifie un réseau écologique pour la région de Montréal en se basant exclusivement sur la modélisation par ordinateur de l'utilisation du sol. En opposition avec cette approche qu'il qualifie de «numérique», Gauthier (2014) prône une façon de faire qui donne beaucoup de place aux propriétés fauniques et géologiques du terrain. Ces deux approches se rejoignent dans la mesure où elles laissent entre les mains de la modélisation ou des observations terrain le rôle

de concevoir le réseau. Comme il en sera question plus tard, l'enjeu y est la place laissée aux acteurs sociaux (décideurs et propriétaires de terrains) dans la conception d'un réseau écologique.

En deuxième lieu, il sera question de l'approche de Cormier *et al.* (2012) de Nature Action Québec ainsi que de la Trame verte et bleue du Plan Métropolitain d'Aménagement et de Développement (PMAD) de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM, 2012). La première approche conçoit le réseau écologique à partir des contingences sociopolitiques et biophysiques. Du côté de la Trame verte et bleue, on voit que le réseau écologique se conceptualise à partir d'initiatives locales d'organismes de conservation. Ces deux méthodes se rejoignent dans la mesure où le projet de réseau écologique est guidé par les circonstances contraignantes du terrain. Le deuxième enjeu sera l'échelle de planification et le type de connectivité mis en place.

Pour terminer, l'approche de planification du Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec (CRECQ, 2014) sera décrite comme étant une solution possible à mettre de l'avant pour la conceptualisation du réseau écologique de la Ceinture Verte de Montréal. En effet, celle-ci offre l'avantage de pouvoir créer un projet à échelle régionale de connectivité fonctionnelle tout en interpellant la participation active de différents intervenants du milieu grâce à la mise sur pied d'un comité de concertation. Cette approche intègre donc concertation (enjeu 1) et science (enjeu 2). D'autres méthodes comme celle de Beier *et al.* (2011) comptent sur la participation de parties prenantes dans le processus de conception du réseau écologique. La méthode du CRECQ étant plus systématique et plus complète, elle a été retenue pour représenter le genre d'approche pouvant être retenue dans notre étude de cas.

## **L'approche de Gonzalez *et al.***

Certaines approches de conception utilisent la modélisation informatique pour déterminer comment doit être concrétisé un réseau écologique. C'est le cas de l'approche de Gonzalez *et al.* (2013). Ceux-ci ont appliqué un mélange innovateur de modélisations pour élaborer un réseau écologique. Ce réseau s'est construit afin de soutenir simultanément la connectivité d'une variété d'espèces pour la région de Montréal : cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), la martre d'Amérique (*Martes americana*), la salamandre cendrée (*Plethodon cinerus*), la paruline couronnée (*Seiurus aurocapilla*) et le bourdon fébrile (*Bombus impatiens*). Il s'agit donc d'un réseau écologique de connectivité fonctionnelle. Ces travaux ont permis de générer des cartes permettant de prioriser des parcelles d'habitats différents en fonction de leur importance pour la connectivité de chaque espèce pour une aire d'étude très large qui inclue la PHSL. Ces cartes ont été générées non seulement en fonction de l'utilisation du sol et des conditions climatiques actuelles (Figure 5), mais aussi en fonction d'un scénario de changement d'utilisation des terres et en fonction de quatre scénarios de changements climatiques. Pour des détails sur leur approche méthodologique, il est pertinent d'aller voir leur rapport complet (Gonzalez *et al.*, 2013) ainsi que la vidéo explicative (Gonzalez, 2013).

Les résultats des cartes de Gonzalez *et al.* (2013), priorisent des zones à conserver ou à aménager en perspective d'assurer une connectivité intégrant les besoins en habitats différents (forêts, prairies, milieux humides, etc.) de multiples espèces sur le territoire des BTSL. La plus forte priorité de conservation est donnée aux régions centrales des fragments forestiers. Les parcelles forestières des montagnes Laurentiennes et des montagnes Appalachiennes sont aussi d'importance pour la conservation à cause de leur qualité élevée et de leur rôle dans la traversée nord-sud du territoire. Dans la matrice agricole de la Rive-Sud, les pixels de non-habitat les mieux classés forment

un corridor orienté vers le nord de Montréal. Ce corridor est important, car il intègre de nombreux fragments d'habitats différents (forêts, prairies, milieux humides, etc.) de plus grande priorité et parce qu'il pourrait servir à connecter les grandes régions forestières du sud, de l'est et de l'ouest de la région. Ainsi identifié, ce corridor pourrait représenter une zone importante à l'intérieur de laquelle des activités de restauration forestière (tels que la plantation et l'intendance) pourraient être encouragées. Si ce corridor est déjà important aujourd'hui, il devient crucial pour la connectivité future de la région selon les scénarios de changements climatiques et de changement d'utilisation des terres.

### **Faiblesses de Gonzalez *et al.***

Bien que cette méthode identifie le réseau écologique en tenant compte d'une série de facteurs très pertinents (changements climatiques, changements d'utilisation des terres, espèces cibles variées), elle est l'objet de critiques à cause du manque de prise de données terrain. Ainsi, il n'y a pas de validation des déplacements des espèces, pas d'optimisation de la cartographie de la connectivité, ni de validation terrain des corridors. Cette absence est mise de l'avant par les auteurs eux-mêmes dans les recommandations finales de leur rapport. Gonzalez *et al.* (2013) affirment donc que l'absence de bonnes données sur le mouvement des espèces ne permet pas de valider leurs modèles de connectivité. C'est pourquoi les auteurs recommandent la conception et la mise en œuvre de protocoles de terrain pour la collecte de données sur le mouvement des espèces cibles qu'ils ont sélectionnées (Gonzalez *et al.*, 2013).

Gauthier (2013) va plus loin en critiquant les outils de modélisation même. Ce dernier se questionne sur la pertinence d'aménager des corridors naturels sur la base d'hypothèses, de modèles et de probabilités. Il prend pour exemple l'utilisation des

indices de qualités des habitats (IQH) dans le traçage des réseaux écologiques de la modélisation de Gonzalez *et al.* (2013). Selon cette modélisation, les meilleurs habitats pour la survie d'une espèce (meilleur IQH) révèlent les chemins qui ont le plus de chances d'être utilisés par les animaux pour se déplacer. La critique s'articule ainsi : les animaux ne vont pas toujours se déplacer dans les habitats qui correspondent le plus à leurs exigences d'habitats, car ils peuvent s'exposer à des milieux de moindre qualité pour circuler. Autrement dit, le choix des corridors de déplacement par la faune n'obéit pas aux mêmes critères que la sélection des habitats où elle passe la majorité de son temps (Gauthier, 2014). Gauthier (2013) illustre la critique de cette méthode de modélisation en disant qu'en l'appliquant à l'humain, les outils géomatiques actuels prédiraient que les meilleurs corridors de déplacement sont les tunnels et les autres espaces couverts où l'humain assure son cycle de vie, i.e. là où il se repose, travaille, se nourrit et se reproduit.

Gauthier (2013) développe sa critique en disant que les animaux, dans leur choix de parcours intègrent une multitude d'informations qui se voient pondérées par chaque individu en fonction de son expérience, de ses besoins du moment (alimentation, reproduction, etc.) et des risques (prédation, collision, etc.) qu'ils courent lors du choix d'un chemin ou d'un autre. L'ensemble de ces variables, qui change d'une espèce à l'autre, est pratiquement ignoré dans les modèles géomatiques. En réalité, à la connaissance de Gauthier (2013), aucun IQH n'a été développé pour représenter les habitats de déplacement des espèces. S'il admet que les outils géomatiques sont incontournables et loin d'être appelés à disparaître, l'auteur propose d'utiliser les outils de modélisation pour tenter de comprendre les déplacements réels de la faune plutôt que pour identifier les endroits où elle devrait circuler selon des prédictions théoriques (Gauthier, 2013). Dans ce sens, Coulon *et al.* (2015) ont élaboré un simulateur de déplacement stochastique pour l'identification des corridors afin de mieux représenter le comportement d'un animal.

Une autre critique portée à la modélisation par Gauthier (2014) est de ne pas prendre en compte le relief du territoire lors de la conception des corridors. Des cartes de couvert forestier sont utilisées pour tracer la connectivité entre les habitats, mais on oublie souvent que certaines zones sont toujours couvertes de forêt simplement parce qu'il s'agit de sommet de montagne ou de crêtes, donc d'endroits où il n'est ni intéressant ni faisable de déboiser. En se référant aux grands mammifères (cerfs, coyote, vison, etc.), Gauthier (2014) rappelle qu'on oublie que cette faune a autant de chance que l'humain de considérer ces lieux comme étant difficiles d'accès. En effet, l'auteur souligne que cette faune préfère circuler en relief plat et au pied des pentes.

Conséquent avec ses critiques, Gauthier propose sa propre méthodologie pour l'identification d'un réseau écologique.

### **L'approche de Gauthier**

Dans un article intitulé «La planification des corridors écologiques dans les municipalités : le chemin le plus court n'est pas toujours le meilleur», Gauthier explique en 2014 qu'il est préférable de concevoir les réseaux écologiques à partir de la géographie des terrains.

Selon ce même article, le creux des vallées et le tracé des cours d'eau s'avèrent être des corridors naturels particulièrement propices aux déplacements de la faune puisqu'ils sont beaucoup plus stables que la répartition des milieux boisés qui se transforment naturellement au fil du processus de succession écologique. L'habitat favorable aux cervidés par exemple peut changer de façon majeure au fil des décennies, soit à cause de la succession végétale, du broutage et des perturbations naturelles telles que les chablis et les feux de forêt. Par contre, le réseau

hydrographique et les vallées restent immuables. De là l'importance d'identifier adéquatement ceux-ci et de s'en inspirer pour concevoir les corridors forestiers. Gauthier (2014) va même jusqu'à proposer de leur assurer une protection durable, de manière à ne pas priver la faune de son « réseau d'autoroutes naturelles ». De cette logique découle une série d'étapes servant à la conception des réseaux écologiques.

Premièrement, il s'agit d'identifier les éléments naturels et permanents du paysage susceptibles d'orienter les déplacements de la faune à travers le territoire. Dans les paysages à dominance agricole comme la PHSL, il peut s'agir de lisières boisées longeant les fossés, les murets et les clôtures. Deuxièmement, il suggère d'identifier les principaux obstacles aux déplacements de la faune le long de ces axes, de même que les possibilités d'élimination ou de contournement. Troisièmement, il valide si possible l'utilisation réelle de ces corridors par la faune à partir de pistage. Quatrièmement, vient le moment d'identifier les risques de collision, là où les axes de déplacement traversent des voies de circulation passantes, et d'évaluer les possibilités de réduire ces risques. Cinquièmement, il écrit qu'il faut sélectionner les corridors à préserver en fonction de la localisation des habitats significatifs pour la faune dans le territoire de même que dans les municipalités voisines (Gauthier, 2014).

### **Faiblesses de Gauthier**

Tout d'abord, le fait de concevoir les corridors en s'inspirant des éléments géographiques stables du territoire peut comporter deux points faibles. Le premier vient du fait que cela prend surtout en compte les déplacements des mammifères et le deuxième vient du fait que cela ne reflète pas bien la complexité des choix de déplacement des espèces.

Premièrement, une telle approche de connectivité basée sur les éléments naturels et permanents du paysage semble tenir compte principalement des déplacements des mammifères. Par exemple, la validation de l'utilisation des corridors fait appel au pistage. Or, cette méthode s'applique plus facilement aux mammifères, car leurs déplacements sont facilement détectables grâce aux traces et aux fèces. Cette approche peut donc négliger de valider l'utilisation des corridors par des groupes taxonomiques dont les déplacements sont plus difficiles à identifier comme les salamandres, les insectes, les reptiles, les oiseaux, etc. Les corridors résultant de cette approche risquent donc de négliger une partie importante du reste de la biodiversité animale. Ainsi, en ne pouvant pas confirmer l'utilisation des corridors par plusieurs espèces, on risque d'en faire une connectivité structurelle plutôt que fonctionnelle pour un large spectre de la biodiversité.

Deuxièmement, cette approche risque de ne pas refléter la complexité des déplacements effectués par la faune. Si Gauthier (2014) soulève une problématique importante, celle de la durabilité de l'utilisation des corridors forestiers à long terme, il propose une solution peut-être simpliste, celle de la géographie du terrain. Or, Gauthier le disait lui-même en 2013: les déplacements résultent de la pondération par un individu d'une variété de facteurs de besoins et de risques qui varient d'une espèce à l'autre. La protection des corridors en se basant sur la géographie du terrain réduit donc la complexité des choix de déplacement à une notion de permanence du paysage qui semble peu appuyée par les connaissances scientifiques.

D'autre part, cette méthode étant conçue pour être appliquée dans le contexte d'une municipalité, il semble important de souligner le manque de perspectives régionales favorisant une migration à grande distance pour pallier aux changements climatiques et la connectivité entre les massifs forestiers laurentiens et appalachiens. Gonzalez *et*

*al.* (2013) pour leur part prenaient en compte ces aspects en planifiant ses corridors sur une grande étendue.

### **Faiblesses communes de Gonzalez *et al.* et de Gauthier**

Dans un autre ordre d'idées, il semble que cette méthode et la précédente (Gonzalez *et al.*, 2013) se rejoignent dans une faiblesse commune. C'est de celle-ci que naît le premier enjeu de la conception d'un réseau écologique. Dans les deux cas, la conception se fait en dehors d'une dynamique de concertation avec les acteurs sociopolitiques du milieu qui sont ceux qui ultimement définiront la manière dont le réseau sera réalisé concrètement. Autrement dit, à quoi bon concevoir le meilleur des réseaux s'il ne peut être concrétisé comme prévu à cause des choix des décideurs sociopolitiques? Dans une vidéoconférence, Gonzalez (2013) semble dans ce sens avoir conscience de la limitation de sa proposition. S'il reconnaît que ses travaux serviront à guider la mise en place de la Ceinture Verte de Montréal, il dit que ses cartes de priorisation ne peuvent pas s'imposer aux décideurs. Selon lui, le choix de quelles parcelles doit être conservée est une question politique et sociale qui dépend de plusieurs choses (par exemple des fonds investis dans le projet). De plus, dans le territoire de la Ceinture Verte, nous faisons de plus face à une réalité, celle de la tenure privée des terres. Comme le disent Gratton *et al.* (2011), la protection de la forêt doit être abordée de manière distincte qu'en terres publiques. En effet, il faut favoriser l'engagement du propriétaire dans une démarche qui se base dans la mesure du possible sur le respect de son droit de propriété et de ses besoins tout en tenant compte d'une approche plus globale. Les contraintes de droits de propriété deviennent donc un élément essentiel dans la conception d'un réseau écologique en terres privées.

Si les deux premières approches ne tiennent pas compte des contraintes sociales, légales et administratives, l'approche de Cormier *et al.* (2012) et du PMAD (CMM,

2012), qui seront exposées dans les paragraphes qui suivent, adoptent une approche qui met l'accent sur ces aspects. Ils tracent le réseau écologique à partir des contingences du terrain.

### **L'approche de Cormier *et al.***

Cormier *et al.* (2012) exposent la méthode de travail adoptée par Nature-Action Québec pour la planification d'un réseau écologique reliant cinq montérégiennes de la Rive-Sud de Montréal. Cette méthode privilégie l'identification de cibles de conservation et le rétablissement de la connectivité à partir d'éléments naturels et d'actions déjà initiées par d'autres groupes ou individus (Cormier *et al.* 2012).

À partir des caractéristiques biogéophysiques du territoire (tirés de différentes bases de données), ils conçoivent un réseau écologique régional de connectivité de type structurelle (par le tracé le plus court reliant deux espaces naturels discontinus). Ces tracés se voient ajustés selon le niveau d'occupation du territoire et des projets de restauration en cours. À cette façon de faire s'ajoute: une intégration partielle de la planification écorégionale du groupe américain *The Nature Conservancy*; les connaissances liées à la littérature existante; divers projets réalisés dans la région des Appalaches. Ainsi, cette conception d'un réseau écologique est basée sur : la sélection d'habitats et d'espèces cibles; les milieux naturels existants; les terrains propices à la restauration de corridors naturels ; les initiatives de protection et de végétalisation en milieu agricole; les discussions portant sur des tracés de corridors potentiels à restaurer; et la présence de projets intégrateurs. Cormier *et al.* (2012) font une description détaillée de ces éléments. Selon ces auteurs, cette approche peut permettre de rétablir la connectivité tout en encourageant les projets mis en place dans un climat de concertation.

La concertation met en évidence la prise en compte des acteurs sociopolitiques du milieu. En effet, plusieurs acteurs sont mobilisés dans la mise en œuvre de ce réseau écologique, à la fois des propriétaires et des organismes gouvernementaux et à but non lucratif. Par exemple, NAQ travaille depuis une vingtaine d'années à faire des inventaires, à informer les propriétaires privés et à recueillir leur engagement. Ces efforts ont mené 334 propriétaires à la conservation volontaire de 4 579 ha de terrain par le biais de legs de titres, de servitudes de conservation, d'ententes sur l'honneur et de plans multiressources avec option de conservation (PAMOC) (Cormier *et al.*, 2012). On peut donc dire que cette approche tient compte de la réalité terrain pour concevoir un réseau écologique.

### **Faiblesses de Cormier *et al.***

Bien que Cormier *et al.* (2012) fondent leur approche sur des considérations sociopolitiques (concertation entre acteurs, mobilisation des propriétaires et partenaires) et biophysiques du paysage (inventaires, types de sols, espèces cibles, zones à préserver, etc.), on peut par contre critiquer la planification du corridor écologique de NAQ (Cormier *et al.*, 2012) sur deux points précis: le débat entre connectivité structurelle et connectivité fonctionnelle et l'échelle de planification de la connectivité.

Il n'y a pas, du moins dans l'article de Cormier *et al.*, (2012) de moyens utilisés pour confirmer l'utilisation des corridors par la faune. En liant les îlots forestiers par le chemin le plus court comme ils le proposent, accomplissons-nous réellement une connectivité pour la faune (donc une connectivité fonctionnelle)? Ces corridors sont planifiés dans l'optique de lier des îlots forestiers par des bandes linéaires, mais la migration des espèces animales et végétales ne dépend pas seulement de ce critère. Peut-être que de plus amples recherches sur les comportements des animaux et des

plantes sur le terrain permettraient de confirmer si les corridors planifiés par NAQ sont réellement utilisés par différentes espèces.

On peut aussi se questionner sur l'échelle de la planification des corridors forestiers. Il semble que Cormier *et al.* (2012) souhaitent favoriser la connectivité entre les cinq montérégiennes de la Rive-Sud de Montréal (Saint-Bruno, Saint-Hilaire, Rougemont, Saint-Grégoire et Yamaska) en étendant leur territoire d'étude de l'agglomération de Longueuil jusqu'à Verchères et en l'étendant jusqu'au contrefort des Appalaches. Le tout serait centré autour du mont Rougemont. Or, il semble probable qu'une planification à plus grande échelle aurait donné des corridors différents comme il en a été question avec la conception des corridors par Gonzalez *et al.* (2013), où il s'agissait de relier les massifs forestiers des Appalaches aux Laurentides. La connectivité entre les montérégiennes semble appropriée pour une perspective locale, mais il semble essentiel d'adopter de surcroît une perspective régionale afin d'identifier l'utilisation des corridors à plus grande échelle (connectivité régionale). Cette planification de connectivité à grande échelle devient importante dans la perspective de permettre aux espèces de migrer suite aux changements climatiques (Rayfield *et al.*, 2015).

Ainsi, l'approche de Cormier *et al.* (2012) tient compte des contraintes du milieu (comme la réalité sociopolitique et les caractéristiques biophysiques du territoire), mais ne planifie pas en fonction d'une large échelle régionale, ni ne confirme l'utilisation des corridors de connectivité structurelle par des études terrains. On peut ainsi dire que l'approche en question est «du bas vers le haut», car ce sont les circonstances du terrain qui conditionnent la conception des corridors plutôt qu'une planification à partir des besoins des espèces (connectivité fonctionnelle et changements climatiques).

La CMM a aussi présenté sa vision d'un réseau écologique par la création de la Trame verte et bleue. Mais est-ce vraiment un réseau écologique?

## **Le Plan métropolitain d'aménagement et de développement**

Le Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD), a été adopté en mars 2012 par la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM). Ce plan doit être considéré dans le cadre de cet essai puisque le territoire de la CMM recouvre 22% de la PHSL (MCV, 2013) sans oublier que des auteurs disent qu'il va dans le sens de la Ceinture Verte (FDS, 2012).

Une série de cibles ont été établies dans le PMAD en vue d'être concrétisées d'ici 2035. Une de celles-ci semble contribuer à la mise en place d'un réseau écologique. L'objectif 3.5 de l'orientation 3 du PMAD prévoit «mettre en valeur le milieu naturel, le milieu bâti et les paysages dans une perspective intégrée et globale à des fins récréotouristiques» (CMM, 2012). Ce faisant le Plan propose la création de la Trame verte et bleue. Celle-ci est constituée de cinq projets métropolitains. Par contre, seulement trois représentent un intérêt d'ordre écologique. En effet, la piste cyclable reliant Oka au mont Saint-Hilaire ainsi que le Parc plage du Grand Montréal ne prévoient pas d'acquisition ni de protection de territoires naturels contribuant à un réseau écologique (CMM 2013a, 2013b). Seuls les projets de la Rivière des Mille-Îles, du corridor forestier de Châteauguay-Léry et du corridor forestier du mont Saint-Bruno prévoient l'acquisition ou la protection d'habitats naturels. Voici comment ces projets comptent être concrétisés.

Dans le cas de la rivière des Mille-Îles, selon la CMM (2013c) c'est l'agrandissement du refuge faunique de la rivière des Mille-Îles qui constitue le moyen privilégié pour

préservé la rivière, les rives et certaines îles. Ce refuge est sous la gestion du groupe Éco-Nature depuis plusieurs dizaines d'années déjà.

Pour ce qui est du corridor forestier du mont Saint-Bruno, il est question de protéger 6 zones boisées : le Boisé du Tremblay; le Boisé de Boucherville; le Bois du Fer-à-Cheval; le pourtour du mont Saint-Bruno (tourbière de Saint-Bruno et ruisseau Massé); le Corridor Saint-Hubert/Carignan/Saint-Bruno ; puis finalement le Bois de Brossard/La Prairie/Carignan et Bois de La Prairie (La Commune). À noter que le groupe Nature-Action Québec travaille activement à la protection et au développement du corridor forestier du mont Saint-Bruno dans lequel se trouvent ces boisés (CMM, 2013d).

Pour ce qui est du corridor forestier de Châteauguay-Léry, les acquisitions proposées s'inscrivent dans le prolongement des zones de conservation sous la responsabilité de l'organisme Héritage Saint-Bernard (CMM, 2013e).

### **Faiblesses du PMAD**

Si l'on regarde rétrospectivement les lieux qui doivent être protégés par le projet de Trame verte et bleue, on peut dire qu'il ne s'agit pas d'un réseau écologique. En effet, pris dans leur ensemble, les trois projets de protection de milieux naturels ne comportent pas les éléments d'un réseau écologique global pour le territoire de la CMM (corridors, zones tampons, noyaux de conservation) sans compter que l'organisation spatiale des éléments protégés ne permet pas l'établissement de liens tangibles.

De plus, la planification ne s'est pas faite à partir d'outils de planification scientifique d'un réseau écologique, mais plutôt en fonction des opportunités de conservation existantes sur le terrain. En effet, la CMM n'a pas déployé d'expertise scientifique dans la conception d'un réseau écologique et a plutôt décidé d'abonder dans le sens des démarches entreprises par des organismes locaux (Éco-Nature, Nature-Action Québec et Héritage Saint-Bernard).

Ce manque de cohérence globale par rapport à l'objectif de maintien de la biodiversité dans le design de la Trame verte et bleue viendrait à l'origine de la mission de la CMM et du PMAD. La préservation du patrimoine naturel consiste vraisemblablement à rendre plus attractive et plus compétitive la région métropolitaine (CMM, 2012). Ce faisant le PMAD cherche à orienter la protection des milieux naturels avec une perspective récréotouristique sans utiliser d'outils scientifiques de planification d'un réseau écologique. Cela est clairement explicité par la FDS et NAQ (2012) «le concept proposé par la CMM pour la Trame verte et bleue régionale priorise la consolidation du réseau touristique régional». Cela contraste avec les trames vertes et bleues de France qui visent à «constituer un réseau écologique cohérent qui permette aux espèces de circuler et d'interagir et aux écosystèmes de continuer à rendre à l'homme leurs services» (Bergès *et al.*, 2010). C'est à cette dernière définition qu'on devrait s'attendre pour considérer la Trame verte et bleue comme un réseau écologique.

Si la Trame verte et bleue ne répond pas aux exigences d'un réseau écologique, plusieurs autres aspects du PMAD sont plus intéressants à cet égard. En effet, l'orientation 3 du PMAD prévoit l'augmentation du couvert forestier à 30%, et l'objectif 3.1 souhaite réaliser la protection de 17% du territoire de la CMM. Il s'agit d'objectifs importants considérant que le couvert actuel n'est que de 19,2% (CMM, 2013f) et que les aires protégées représentent moins de 1% de la superficie forestière

(Gonzalez, 2013). De plus, 31 bois d'intérêt métropolitains et 52 corridors forestiers ont été identifiés (voir la figure 6 en annexe) afin qu'ils soient identifiés dans les Schémas d'aménagement et de développement des MRC de la CMM.

Les 31 bois et 52 corridors d'intérêts métropolitains forment un ensemble qui tend davantage à former un réseau écologique à la grandeur de la CMM. En plus de couvrir l'ensemble du territoire de la CMM, ceux-ci identifient des éléments fonctionnels d'un réseau écologique : des bois reliés entre eux par des corridors. Ces corridors et ces bois ont été identifiés à partir de différents critères qui tiennent compte de leur valeur écologique, de leur taille et de leur proximité avec d'autres milieux boisés. Plus précisément, les 31 bois ont été identifiés en 2009 à partir de 8 critères identifiés dans le PMAD (CMM, 2013f) et les 52 corridors ont été identifiés à partir de leur superficie (au moins 4 hectares), de leur position (situés à 200 mètres ou moins l'un de l'autre, être à proximité d'un bois métropolitain) et par des critères de valeur écologique (Geneviève Bédard, communication personnelle). Cette démarche bien qu'elle identifie les éléments d'un réseau écologique à partir de leur valeur écologique, suppose implicitement que ceux-ci restaureront la connectivité fonctionnelle. Or, afin d'établir une telle connectivité, de plus amples recherches scientifiques semblent nécessaires. La démonstration d'une connectivité fonctionnelle n'a donc pas été faite.

## CHAPITRE 4 PISTE DE SOLUTION

Dans le chapitre précédent, il a été question de l'approche de Gonzalez *et al.*(2013) ainsi que Gauthier (2014). Celles-ci ne tenaient pas compte des contraintes de la réalité socioadministrative (enjeu #1). Dans l'autre sens, il a été démontré que Cormier *et al.* (2012) ainsi que le PMAD (CMM, 2012) concevaient un réseau écologique directement à partir des contraintes du milieu (sociopolitiques et biophysiques). Par contre, cette manière de faire se fait sans tenir compte d'une vision régionale ou de connectivité fonctionnelle (enjeu #2). Il sera démontré dans les lignes qui suivent que l'approche proposée par le CRECQ (2014) réconcilie ces deux enjeux. Cette méthode, présentée comme une piste de solution, a le double avantage d'intégrer 1) les contraintes du milieu par une concertation socioadministrative et 2) une approche scientifique de conception d'un réseau écologique.

### La méthode du CRECQ

Bernier et Théau soulignaient en 2013 la nécessité de développer des outils d'évaluation pragmatiques des réseaux écologiques sur une base écologique, sociale et économique pour permettre d'orienter les décideurs dans leurs choix. Comme pour répondre à cet appel, le CRECQ (2014) s'est donné pour mission d'élaborer un outil d'aide à la décision dans la perspective de créer un réseau écologique sur le territoire du centre du Québec.

Cette approche vient répondre à plusieurs des enjeux qui ont été soulevés dans le chapitre précédent. Elle a l'avantage d'être une démarche participative qui permet de tenir compte des contraintes socioadministratives du milieu grâce à la prise en compte des acteurs du milieu comme les élus, les fonctionnaires et les propriétaires locaux

tout en comptant sur l'accompagnement d'un comité d'expert. Elle a aussi l'avantage de synthétiser en huit étapes la démarche scientifique de plusieurs auteurs: Beier *et al.* (2011), Bernier (2012) ainsi que Bernier et Théau (2013). Si ces deux dernières comparent différentes approches scientifiques de modélisation des réseaux écologiques, la démarche suggérée par Beier *et al.* (2011) est fort semblable à celle du CRECQ. Cette dernière a été retenue, car étant plus complète et plus systématique.

Premièrement, la méthode du CRECQ (2014) répond à l'enjeu #1, car à chaque étape de la conceptualisation, des intervenants de différents secteurs d'activités sont appelés à se questionner par le biais d'ateliers et de rencontres formelles afin d'orienter la démarche. La concertation des acteurs vient à chaque étape de la démarche valider et bonifier les réflexions et les résultats scientifiques. Cette approche a l'avantage de permettre le développement de partenariats d'action pour la conservation des corridors naturels. En effet, cette dynamique de concertation favorise la synergie entre différentes instances comme les ministères, les MRC et les municipalités, les groupes environnementaux, les groupes de mise en valeur (organisme de bassin versant, Agence forestière, organisme de conservation, etc.) et les organismes de propriétaires privés (UPA, association de chasseurs et pêcheurs, etc.) (CRECQ, 2014). Tout un chacun s'exprimera de différentes manières sur les orientations que devrait prendre le projet. Cela va dans le sens du document commun de la Fondation David Suzuki et Nature-Action Québec (2012) qui suggère que la réalisation de la Ceinture Verte dépendra de la capacité de la communauté régionale à optimiser leur complémentarité et la continuité entre ceux-ci, ainsi qu'à exploiter les compétences des acteurs qui les utilisent sur le terrain. Le CRECQ (2014) termine en spécifiant que la démarche de création d'un réseau écologique doit être accompagnée d'une constante sensibilisation des différents publics cibles à l'importance de la connectivité. Si cette sensibilisation se fait en amont du processus de création d'un réseau écologique, cela permet une meilleure compréhension et adhésion de la

population aux objectifs de conservation et contribuerait à diminuer les probabilités que des acteurs refusent l'idée même de créer des corridors verts. Si la méthode tient compte de la participation des acteurs du milieu afin de prendre en considération les contraintes socioadministratives, elle ne met pas pour autant de côté la rigueur scientifique.

La méthode du CRECQ (2014) répond à l'enjeu #2, car elle est le fruit d'une synthèse scientifique qui fait même appel à l'accompagnement d'un comité d'experts. Celui-ci est formé de spécialistes de la flore et de la faune de la région ainsi que de professionnels qui connaissent bien le terrain comme les aménagistes des MRC et des OBV de la région à l'étude (Andréanne Blais, communication personnelle). Ce comité d'experts a comme rôle de traduire et incorporer la connaissance scientifique à chaque étape du processus de conceptualisation afin de mettre en lumière comment ce savoir représente des enjeux face auxquels le comité de concertation devra se positionner. Le comité d'experts peut par la suite procéder à des opérations techniques spécialisées, comme un exécutant le ferait. Cette dynamique entre le comité d'expert et le comité de concertation met en lumière le fait que la science du design des réseaux écologiques a besoin de décisions réalistes pour l'orienter.

Les paragraphes suivants présentent donc les étapes à suivre par un groupe de concertation afin de concevoir le réseau écologique de la Ceinture Verte à partir de la méthode du CRECQ (2014). Les notions théoriques nécessaires à la conception d'un réseau écologique y sont aussi élaborées afin d'identifier les enjeux sur lesquels le groupe de concertation devra prendre une décision.

## 1. Établir l'objectif

Selon le CRECQ (2014), la conception d'un réseau écologique commence par l'identification des objectifs de conservation à atteindre. Ce sont les problématiques, les priorités propres au paysage étudié ainsi que le comité de concertation qui définissent ces objectifs. L'identification des objectifs est une étape cruciale, car elle oriente les analyses qui suivront et conséquemment la configuration spatiale et la valeur écologique des corridors naturels (Bernier et Théau, 2013; CRECQ, 2014).

Identifier l'objectif revient pour le groupe de concertation à identifier entre autres, de quel genre de connectivité il devra être question. Le comité d'experts devra expliquer qu'il est possible d'établir une connectivité structurelle ou une connectivité fonctionnelle. La première maintient les relations physiques entre les éléments naturels du paysage sans tenir compte de l'abondance, de la répartition et du comportement des espèces vivantes. Cette approche sert normalement à maintenir les services écologiques des milieux naturels. On peut ainsi vouloir conserver les bandes riveraines ou la connectivité hydraulique entre des milieux humides, améliorer l'esthétique du paysage et réduire l'érosion éolienne (CRECQ, 2014). La connectivité fonctionnelle compte pour sa part planifier le paysage à partir de l'utilisation des espèces. C'est ce type de connectivité dont il est question lorsque l'on souhaite assurer la dispersion d'espèces floristiques, favoriser le déplacement de la faune ou de la flore d'intérêt économique ou en situation précaire, favoriser le déplacement de la faune à grand domaine vital et identifier les corridors naturels pouvant soutenir la pollinisation naturelle en milieu agricole (Ibid.). Si l'on souhaite mettre en place une connectivité fonctionnelle, il faut baliser et guider l'analyse afin d'identifier les différentes caractéristiques-clés d'habitat. Pour ce faire, on doit procéder à la sélection d'un groupe d'espèces pour lesquels la connectivité sera construite. Ces espèces peuvent être des espèces à statut précaire, emblématiques, d'intérêt régional,

sensibles à l'aménagement forestier ou des espèces d'intérêt économique (chasse, ornithologie, etc.). Puisqu'il serait trop onéreux de tracer la connectivité pour l'ensemble des espèces identifiées dans le groupe d'espèces cibles, l'on identifie une espèce indicatrice qui représente bien leur écologie et leurs fonctions. Ces espèces indicatrices peuvent être des espèces clés de voute, indicatrices, focales ou parapluies (Bernier et Théau, 2013; CRECQ, 2014).

Selon le CRECQ (2014), la nuance soulevée par les deux types de connectivité peut faire bien des différences pour certaines espèces d'oiseaux habituées aux milieux ouverts par exemple. Ceux-ci n'ont pas besoin de la connectivité structurelle pour se déplacer. Une série de parcelles suffit pour assurer leur connectivité fonctionnelle. À l'inverse, si la connectivité structurelle entre habitats est constituée de milieux hostiles, les espèces ciblées ne l'utiliseront pas (CRECQ, 2014).

Contrairement à la démarche prévue par le CRECQ qui permet aux membres du comité de concertation d'identifier l'objectif, la conception d'un réseau écologique pour la Ceinture Verte a déjà pour objectif de maintenir la biodiversité face aux effets de la fragmentation. À ce sujet, la liberté laissée au comité de concertation est restreinte puisqu'il est scientifiquement essentiel d'établir une connectivité fonctionnelle en identifiant des espèces cibles qui représentent une grande variété d'espèces. L'enjeu auquel le comité de concertation doit faire face à cette étape est donc de s'enquérir des connaissances scientifiques énumérées plus haut afin d'identifier les espèces cibles utilisées pour la conception d'un réseau écologique. En guise de piste de solution, les travaux de Gonzalez *et al.* (2013) sont inspirants. Les auteurs sélectionnent des espèces animales situées à des extrêmes de traits écologiques (longévité, fécondité, taille): le cerf de Virginie, la martre d'Amérique, la salamandre cendrée, la paruline couronnée et le bourdon fébrile. Ce faisant le réseau écologique commun à ces espèces cibles est adapté aux traits écologiques d'un grand

nombre d'autres espèces. Évidemment, il serait possible que d'autres espèces cibles puissent être sélectionnées dépendamment des discussions au sein de la table de concertation.

## **2. Définir l'aire d'étude**

À cette étape, le comité de concertation doit discuter de l'aire d'étude. Dans le cas du réseau écologique de la Ceinture Verte, le territoire a déjà été identifié à la Plaine du haut Saint-Laurent comme le suggère le document de la FDS et de NAQ (2012). Cette question est donc réglée pour le comité de concertation et le comité d'experts a donc pour tâche de faire connaître l'intérêt de cette délimitation. Comme il en a été question auparavant, ce territoire permet la migration à partir des Appalaches, au sud, jusqu'aux Laurentiennes, au nord. Ce territoire a aussi l'avantage d'intégrer beaucoup d'écosystèmes différents ce qui pourrait profiter à la protection de la biodiversité générale de ce territoire.

Une fois la définition de l'aire d'étude établie, il est proposé par le CRECQ (2014) de faire une revue des projets de corridors des régions limitrophes. En débordant ainsi l'analyse du territoire à l'étude, les corridors résultants du projet en cours pourront se connecter aux corridors voisins et être complémentaires à une échelle spatiale supérieure. Pour garder une perspective globale, le comité de concertation devra prendre en compte la création de projets adjacents comme le corridor forestier de la Vallée du Richelieu, le réseau reliant les cinq montérégiennes, le corridor appalachien, le corridor vert et bleu de la rivière Yamaska, etc.

L'aire d'étude a donc été fixée à une étendue régionale. Par contre, le contexte très urbanisé de la région étudiée nous pousse à nous questionner à savoir s'il serait aussi

pertinent de jeter un coup d'œil à une échelle plus petite du côté de la connectivité locale. Cela permettrait de cibler des espèces à faible mobilité ou à petit domaine vital, par exemple certaines plantes et invertébrés qu'on sait être vulnérables ou menacés sur le terrain d'étude. C'est le cas par exemple pour la rainette faux-grillon de l'Ouest.

### **3. Récolter les données**

Selon le CRECQ (2014), les données recueillies serviront à dresser le portrait biophysique qui permettra d'identifier les corridors et d'optimiser le réseau écologique. La méthode d'identification du réseau écologique dépendra entre autres des données disponibles et de leur précision.

En guise d'exemple de problématique liée à l'acquisition de données, le CRECQ (2014) relate le problème de la quantification de la qualité d'un habitat pour l'espèce cible. La qualité d'habitat est déterminée par la disponibilité de nourriture, la présence d'abris et la relation avec les espèces prédatrices. Malheureusement, ces caractéristiques sont difficiles à cartographier, elles existent donc rarement sous forme de données géoréférencées (CRECQ, 2014). Certaines informations mieux documentées comme l'occupation du sol, la densité de routes et la topographie sont donc utilisées en supposant qu'elles permettent de quantifier la qualité d'un habitat (CRECQ, 2014). Les données empiriques d'inventaires ou de radio-télémétrie sont donc nécessaires pour faire le lien entre la présence ou le comportement d'individus d'une espèce cible et les paramètres géoréférencés connus. Par contre, ces données comptent des incertitudes et ne peuvent pas non plus être obtenues facilement pour toutes les espèces. Il devient rapidement trop coûteux de faire des prises de données si plusieurs espèces cibles sont considérées (CRECQ, 2014; Bernier et Théau, 2013).

Dans le cadre de la conceptualisation du réseau écologique de la Ceinture Verte, la prise de données représente donc une question importante. Si certaines données sont facilement acquises à partir de banques de données gouvernementales ou d'OBNL, les données terrains sont plus fastidieuses à obtenir. L'enjeu pour le comité de concertation est donc de décider jusqu'à quel point les données terrain doivent être recueillies. Pour sa part, le groupe d'experts pourrait accompagner les participants en leur faisant connaître les exigences minimales en termes de qualité des données.

#### **4. Identifier les noyaux de conservation**

La méthode du CRECQ (2014) propose par la suite que le comité de concertation passe à l'identification des noyaux de conservation à connecter. Cela peut se faire de trois façons : identification visuelle, analyses multicritères et selon la qualité d'habitat. Ces différentes méthodes produisent des résultats différents, le choix est donc un enjeu important pour la démarche scientifique. L'enjeu de cette étape pour le comité de concertation consiste donc à choisir quelle méthode convient pour la conception de la Ceinture Verte.

L'identification visuelle se fait à l'aide de cartes ou de couches numériques qui dépeignent les noyaux à partir d'aires déjà identifiées en tant qu'aires protégées, d'écosystèmes forestiers exceptionnels, de parcs régionaux, de boisés résiduels, d'éléments du paysage d'intérêt, etc. (CRECQ, 2014).

L'analyse multicritères identifie pour sa part les noyaux de conservation à partir de critères dits normalisés et pondérés tels que la superficie du milieu, le degré de connectivité, la rareté et le niveau d'exposition aux pressions anthropiques (CRECQ, 2014). Ces critères produisent un nombre démontrant l'importance écologique relative

de chaque noyau. Il est possible, de plus d'utiliser le concept d'« irremplaçabilité » pour établir les bases d'une analyse multicritère (Bernier et Théau, 2013).

De son côté, la qualité de l'habitat peut être mesurée par plusieurs méthodes différentes. Parmi les plus utilisées, retenons (1) l'analyse de perméabilité, ou de résistance des milieux, qui renvoie à la facilité de circulation des espèces (en fonction par exemple de la présence de routes et du type de paysage; Singleton *et al.*, 2004). Il y a aussi (2) la méthode d'indice de qualité de l'habitat (IQH) où plus un habitat est de qualité pour une espèce donnée, plus il est perméable aux déplacements des individus de cette espèce; et (3) une fonction de sélection des ressources (« resource selection function »), qui établit la probabilité relative d'utilisation d'un milieu donné en se basant sur l'occurrence d'une espèce dans un type d'habitat donné (Bernier et Théau, 2013; Ansallem, 2010).

Indépendamment de ces trois méthodes, il est suggéré que le comité d'experts propose d'adopter la même stratégie que la plupart des études québécoises, i.e. une combinaison d'analyse multicritère, de prise en compte du réseau d'aires protégées et d'avis d'un comité d'experts et d'intervenants qui connaissent bien le territoire (tels que les chasseurs, les trappeurs, les ornithologues et botanistes amateurs, les autochtones) (CRECQ, 2014). Cette méthode permettrait en fait d'intégrer au maximum la participation du comité de concertation, ce qui est primordial surtout quand vient le temps d'identifier les noyaux qui seront connectés entre eux.

Après avoir identifié les noyaux de conservation, il faut décider lesquels seront reliés ensemble. Cette étape est critique pour la constitution du réseau en devenir. Cette tâche devrait être effectuée par le comité d'experts à partir de recommandations du CRECQ (2014) et chaque scénario devra être soumis au comité de concertation pour discussion.

## 5. Créer les corridors

Pour cette étape, les outils disponibles et les objectifs contribuent à déterminer si la méthode sera une interprétation visuelle ou si elle sera assistée par ordinateur. Pour le comité de concertation, l'enjeu de cette étape ne consiste donc pas à choisir entre ces deux méthodes, mais plutôt à choisir quel type d'analyse assistée par ordinateur on doit choisir. Voici pourquoi.

L'interprétation visuelle se fait à partir d'une analyse visuelle de carte. Cette méthode consiste à définir et tracer « manuellement » les chemins les plus directs permettant de relier deux espaces naturels discontinus, en modulant le tracé du chemin en fonction de l'occupation du sol (Amsallem *et al.*, 2010; Bernier et Théau, 2013). Les corridors sont ainsi déterminés à partir de certains critères prédéterminés comme la proximité, l'utilisation du sol et le paysage (CRECQ, 2014). Cette méthode ne tient donc pas compte de l'utilisation que les animaux font ou peuvent faire du territoire, diminuant ainsi la possibilité de statuer sur la connectivité fonctionnelle du réseau projeté. De plus, puisque cette méthode est particulièrement adaptée aux aires d'étude restreintes ou pour les analyses utilisant des suivis télémétriques, elle ne convient pas à l'étendue de l'aire d'étude qu'est la PHSL.

L'approche à envisager est dite « assistée par ordinateur », car elle fait appel à des systèmes d'information géographique. Cette méthode s'adapte très bien aux territoires de grandes tailles, donc à la PHSL. En premier lieu, le comité d'experts devra constituer une matrice dite de résistance ou de déplacement. Elle représente l'influence de chaque élément de paysage (forêt, friche, boisé urbain) sur les déplacements d'une espèce donnée. Ces valeurs seront établies à partir de la littérature et des opinions du comité d'experts tout en n'oubliant pas d'aller appuyer, autant que possible, ces valeurs sur des prises de données terrains (présence/absence,

chemins observés par radio-télémétrie, analyses génétiques) qui estiment les déplacements réels des espèces (CRECQ, 2014). De la sorte, on obtient les avantages de la méthode de Gonzalez tout en répondant aux faiblesses de Gauthier (2013).

La matrice de résistance peut être utilisée par la suite de deux manières : par des opérateurs morphologiques ou par des analyses de perméabilité. Dans le premier cas, des règles de voisinages sont établies afin que deux opérateurs morphologiques (dilatation et érosion) soient appliqués aux pixels de l'image pour permettre l'identification des éléments structuraux d'intérêt (Bernier et Théau, 2013). Dans le cas de l'analyse de perméabilité, on identifie les continuités de pixels connectés offrant le moins de résistance aux déplacements. Pour ce faire, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. Parmi les principales, on compte celles qui se basent (1) sur la plus faible résistance cumulative aux déplacements (comme les chemins et les corridors de moindre coût), (2) sur la théorie des circuits (où la résistance aux déplacements dans le paysage est traitée comme la résistance au passage du courant dans un circuit électrique), (3) sur la théorie des graphes et (4) sur les modèles simulant le déplacement d'individus dans le paysage (Bernier et Théau, 2013). Ce travail générera une couche vectorielle où sera identifié l'ensemble des corridors naturels potentiels. Comme le montrent Bernier et Théau (2013) (Figure 7), ces différentes méthodes produisent des corridors différents. Il est important ainsi que le comité d'experts explique au comité de concertation ce que les différences entre ces méthodes impliquent en termes écologiques afin que le choix soit le plus éclairé possible.

Lors de la création des corridors, il est planifié d'obtenir des corridors les plus larges possible, car ils sont plus susceptibles de faciliter les mouvements d'un plus grand nombre d'espèces fauniques. Par contre, les contraintes financières et pratiques favorisent plutôt des corridors étroits. Il convient donc de déterminer une largeur

minimale aux corridors de connectivité. Selon Bernier et Théau (2013) pour assurer sa fonction écologique, la largeur d'un corridor doit être établie en fonction de sa longueur. Si la longueur est plus grande que la dispersion maximale de l'espèce cible, la largeur du corridor doit pouvoir être suffisamment grande afin que celles-ci puissent y trouver un habitat de relais. Ainsi, pour un corridor de forme rectangulaire (deux fois plus long que large), il est suggéré que la largeur d'un corridor soit équivalente à la racine carrée de la moitié du domaine vital (Bernier et Théau, 2013).

Dans le contexte très fragmenté de la PHSL, il ne sera probablement pas possible d'appliquer les recommandations pour la taille idéale des corridors. Il serait possible par contre d'aller de l'avant avec des projets de reboisement, de haies (Boucher et Fontaine, 2010) et de passages fauniques (Carsignol, 2012). Ces initiatives devraient être mises en place là où la modélisation assistée par ordinateur suggère la priorisation de corridors.

## **6. Optimiser la cartographie de la connectivité**

Après que des corridors aient été identifiés, il est possible d'optimiser le réseau écologique afin d'atteindre encore plus les objectifs de conservation. Il s'agit d'une étape où l'on collige des informations afin de juger à quel niveau un corridor présente des conditions optimales. Au cours de cette démarche, les informations écologiques, sociales, économiques et la participation d'acteurs locaux (comité de concertation) sont des composantes clés du processus de sélection (CRECQ, 2014).

Cette étape permet entre autres d'analyser l'impact des éléments de fragmentation sur les corridors identifiés. Ces éléments peuvent être par exemple des discontinuités naturelles (larges cours d'eau, falaises, etc.) ou des discontinuités anthropiques (zones

urbaines, infrastructures de transport, etc.) (Amsallem *et al.*, 2010). La comparaison entre ces éléments de fragmentation et les corridors permet d'identifier « les zones de conflit ». Ces zones correspondent aux points de rencontre précis entre le réseau qui fragmente le territoire (routier, ferroviaire) et les principales continuités écologiques, qu'elles soient existantes ou à recréer. On peut aussi par exemple superposer aux corridors identifiés les informations sur la récupération de carcasses le long des routes. Grâce à ces informations, on peut soit redessiner les corridors soit mettre en place des dispositifs qui préviennent les zones de conflits tels que des ponts ou des tunnels à faune (Amsallem *et al.*, 2010).

On procède par la suite à l'évaluation des corridors où plusieurs paramètres sont utilisés. Le CRECQ (2014) propose que ceux-ci soient répartis en trois thèmes. Le premier, l'unicité, est déterminée par la largeur du corridor et ses rétrécissements, sa longueur, et le nombre et la dimension des interruptions du corridor. Le deuxième est la valeur écologique qui est déterminée par la présence d'espèces particulières dans les zones à connecter, l'hétérogénéité et la qualité des habitats ainsi que le statut du milieu naturel (ex. aire protégée). Le troisième est le potentiel de gestion, qui pour sa part est déterminé par l'utilisation des terres ou encore de leur potentiel d'utilisation au sein du corridor (ex. potentiel agricole des friches), le zonage et l'affectation des terres au sein du corridor, et les services écologiques que ce dernier peut fournir à la communauté. À partir de ces thèmes, une grille de pointage est élaborée afin de calculer quels corridors atteignent l'objectif fixé.

Les corridors issus de la modélisation seront donc, comme le suggèrent Amsallem *et al.* (2010), soumis à l'analyse conjointe du comité d'experts et du comité de concertation afin d'affiner, corriger, compléter, valider la cartographie des continuités écologiques en fonction de leurs connaissances de terrain. Ainsi les connaissances du terrain ainsi que les connaissances scientifiques seront mobilisées conjointement.

## **7. Valider les corridors**

Selon le CRECQ (2014), cette étape consiste à valider sur le terrain l'emplacement final des corridors, et ce, afin de bien planifier la stratégie de mise en œuvre. Pour ce faire, on doit vérifier si l'occupation du sol n'a pas changé depuis la création des matrices de résistance. Cela se fait en utilisant des images satellitaires, des photos aériennes récentes, des photos obliques ou en faisant des inventaires terrains par exemple. On doit vérifier aussi la qualité des écosystèmes qui constituent les corridors ainsi que si les corridors sont utilisés par la faune et la flore. Pour vérifier ce dernier, on peut utiliser des inventaires fauniques et floristiques (CRECQ, 2014), de la télémétrie, etc.

Cette étape devrait être effectuée par le comité d'experts, car il s'agit d'une opération très technique. Éventuellement, une équipe de bénévoles pourrait être encadrée par des membres du comité d'experts afin que ceux-ci contribuent à l'inventaire. Le rôle du comité de concertation à ce niveau serait moindre que dans les étapes précédentes. Cette étape est néanmoins importante, car elle vient répondre aux préoccupations soulevées par Gauthier (2013) face au manque de validation terrain des corridors conceptualisés.

## **8. Mise en œuvre de la connectivité**

Puisque le présent travail s'intéresse seulement à la conception d'un réseau écologique, la mise en œuvre n'est pas explicitement abordée. Il est par contre intéressant de souligner que le CRECQ (2014) identifie certains outils de mise en œuvre comme les règlements municipaux et la conservation volontaire.

## CONCLUSION

Cet essai a commencé par dresser le portrait de la problématique qu'est la perte de la biodiversité dans les basses terres du Saint-Laurent (BTSL). La fragmentation des habitats s'y présente comme un enjeu prioritaire, car c'est l'endroit où il y a le plus de pression démographique, d'infrastructures anthropiques et d'utilisation des terres à des fins agricoles. En guise de solution pour stabiliser les populations subsistantes dans ce territoire, on fait appel au concept de connectivité et de réseau écologique. En effet, la mise en réseau des parcelles d'habitats les unes avec les autres facilite la migration des espèces ce qui permet les échanges de gènes et la recolonisation des habitats non habités selon une dynamique source-puits.

La Ceinture Verte de Montréal s'avère être un projet qui propose la mise en place d'un tel réseau écologique pour la région naturelle de la Plaine du haut Saint-Laurent (PHSL) (comprise dans les BTSL). Par contre, aucune approche n'est proposée pour sa conception, bien que plusieurs existent. Ce travail avait donc pour objectif d'identifier les enjeux propres aux approches de conception existantes et de proposer une approche en particulier comme piste de solution.

Premièrement, la méthode de Gonzalez *et al.* (2013) et de Gauthier (2014) ont été explorées. Si la première manque de données terrain, la deuxième est trop axée sur la réalité terrain. L'enjeu problématique de ces deux méthodes est qu'elles ne tiennent pas compte des contraintes liées au cadre socio-administratif du milieu. Les décideurs risquent en effet ne pas appliquer tel quel le plan du réseau schématisé tandis que le milieu est principalement composé de terrains privés, ce qui complique la mise en œuvre de la Ceinture Verte. Il faut donc que la méthode proposée conçoive le réseau écologique en tenant compte des contraintes socioadministratives issues des propriétaires des terrains et des décideurs publics.

Dans un deuxième temps, il était question de l'approche de Cormier *et al.* (2012) et du PMAD (CMM, 2012). À partir d'un travail de collaboration terrain avec les propriétaires et d'une analyse biophysique, la première s'avère tenir compte de la faisabilité terrain d'un réseau tandis que la deuxième planifie sa Trame verte et bleue à partir de projets locaux menés par différents organismes. Dans ces deux situations, la caractéristique de la conception du réseau écologique est qu'elle se fait du « bas vers le haut ». Ces approches comportent de plus certaines faiblesses d'un point de vue scientifique. Premièrement, on n'y assure ni la connectivité fonctionnelle propice à la mobilité des espèces, ni une planification régionale permettant la migration à long terme face aux changements climatiques. La méthode proposée devra donc répondre à ces lacunes.

Enfin, ce travail propose en guise de piste de solution de s'inspirer de l'approche du CRECQ (2014). Cette méthode tient compte des contraintes du terrain via la mise en place d'un groupe de concertation d'acteurs locaux et gouvernementaux et l'incorpore à une démarche scientifique dont la conception repose sur un groupe d'experts. Une description des huit étapes de la conception du réseau écologique de la Ceinture Verte a été faite afin d'exposer les rôles joués par le comité de concertation et le comité d'experts.

Ce travail a donc atteint son objectif d'identifier les enjeux et les pistes de solution dans la conception d'un réseau écologique dans le cadre de la Ceinture Verte.

Afin d'aller plus loin, il est possible de soulever quelques critiques à l'égard de la thématique de cet essai. Premièrement, la connectivité n'est pas la seule solution possible pour contrer l'effet de la fragmentation. En plus de mettre en place un réseau écologique, il est nécessaire d'augmenter la quantité et la qualité des habitats naturels en diminuant les pressions humaines sur ces milieux, en augmentant le nombre de

zones protégées et en améliorant la qualité de la matrice du paysage (Bergès *et al.*, 2010). Par exemple, Bergès *et al.* (2010) soulignent que l'agrandissement des zones de noyau de conservation serait plus efficace pour protéger la biodiversité que d'établir de la connectivité. Deuxièmement, la problématique liée à la continuité écologique des cours d'eau n'a pas été abordée dans ce travail. Il serait intéressant d'intégrer cette notion à la conception du réseau écologique afin d'en faire une trame verte et bleue dans le sens européen du terme (un réseau écologique terrestre et aquatique) (Amsallem *et al.*, 2010). Troisièmement, la question de la mise en œuvre du réseau écologique n'a pas non plus été soulevée. Il serait intéressant dans un travail ultérieur de se pencher sur cette question afin d'identifier les outils les plus adaptés pour concrétiser ledit réseau écologique. Quatrièmement, au fur et à mesure que la méthode du CRECQ (2014) se mettra en branle dans le Centre du Québec, de nouveaux enjeux et critiques émergeront à l'égard de cette méthode. Par exemple, que serait-il nécessaire de faire dans le cas où les membres du comité de concertation seraient carrément réfractaires au projet de réseau écologique sur leur territoire? Plus d'approfondissements théoriques seront nécessaires pour préciser les meilleures manières de faire selon des contextes socioadministratifs différents. Ces nouvelles précisions montreront probablement la grande complexité du travail collectif derrière cette méthode et le besoin de bien connaître le milieu où le projet doit s'implanter. Au final, un projet de corridor écologique dépasse la simple question environnementale. La conception d'un réseau écologique nécessite une approche largement multidisciplinaire. Les sciences de l'environnement s'avèrent être un angle d'approche pertinent, voire essentiel, dans ce contexte.



## RÉFÉRENCES

- Institut de politiques alternatives de Montréal. (2013, février). *Agora Métropolitaine 2013*. Rapport de l'Agora, Palais des congrès de Montréal, Montréal, 28 février et 1er mars 2013. Montréal: Institut de politiques alternatives de Montréal. Récupéré de [http://agorametropolitaine.com/wp-content/uploads/2013/10/agora\\_metropolitaine\\_rapport.pdf](http://agorametropolitaine.com/wp-content/uploads/2013/10/agora_metropolitaine_rapport.pdf)
- Andren, H. (1994). Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat : A Review. *Oikos*, 71, (3), 355-366. Récupéré de <http://www.d.umn.edu/~thrabik/Andren%20Oikos%201994.pdf>
- Amsallem, J., Deshayes, M. et Bonneville, M. (2010). Analyse comparative de méthodes d'élaboration de trames vertes et bleues nationales et régionales. *Sciences, Eaux et Territoires*, 3, 40-45. Récupéré de [http://www.set-revue.fr/sites/default/files/archives/07\\_article\\_bis.pdf](http://www.set-revue.fr/sites/default/files/archives/07_article_bis.pdf)
- Berteaux, D., Casajus, N. et de Blois, S. (2014). Changements climatiques et biodiversité du Québec : vers un nouveau patrimoine naturel. Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Bergès, L., Roche, P. et Avon, C. (2010). Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame verte et bleue. *Sciences, eaux & territoires*, 3, 34-39. Récupéré de [http://www.set-revue.fr/sites/default/files/archives/06\\_article\\_0.pdf](http://www.set-revue.fr/sites/default/files/archives/06_article_0.pdf)
- Bennett, A.F. (2003) Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Cambridge: Union internationale pour la conservation de la nature.
- Bennett, G. et Mulongoy, K. J. (2006). Review of experience with ecological networks, corridors and buffer. Montréal : Secrétariat de la Convention sur la Biodiversité - UNEP.
- Bernier, A., et Théau, J. (2013). Modélisation de réseaux écologiques et impacts des choix méthodologiques sur leur configuration spatiale: analyse de cas en Estrie (Québec, Canada). *Vertigo*, 13(2). Récupéré de <http://vertigo.revues.org/pdf/14105>
- Bentrop, G. (2008). *Conservation buffers: design guidelines for buffers, corridors, and greenways* (SRS-109). Asheville: Department of Agriculture.
- Beier, P., Spencer, W., Baldwin, R. F. et McRae, B. (2011). Toward best practices for developing regional connectivity maps. *Conservation Biology*, 25(5), 879-892.

Bigras, P. et Zinger, N. (2013, février). *Cas 2 : La conservation en actions; synergies et partenariats en vert et bleu, avec des exemples dans la région métropolitaine*. Communication donnée dans le cadre de l'Agora métropolitain 2013, Palais des Congrès de Montréal.

Bigras, P., Eid, N. et Thomas, A. (2011). *Mémoire sur le Plan Métropolitain d'Aménagement et de Développement de la Communauté Métropolitaine de Montréal*. Montréal : Nature-Action Québec.

Boucher, I. et Fontaine, N. (2010). *La biodiversité et l'urbanisation, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. Québec: Ministère des affaires municipales et de l'occupation du territoire.

Carsignol, J. (2012). Des passages à gibier à la Trame Verte et Bleue : 50 ans d'évolution pour atténuer la fragmentation des milieux naturels en France. *Le Naturaliste canadien*, 136(2), p. 76-82. Récupéré de <http://www.erudit.org/revue/natcan/2012/v136/n2/1009111ar.pdf>

Communauté métropolitaine de Montréal. (2009). *Fonds de développement métropolitain. Programme d'acquisition et de conservation d'espaces boisés*. Montréal.

Communauté métropolitaine de Montréal. (2012). *Plan métropolitain d'aménagement et de développement : un grand Montréal attractif, compétitif et durable*. Montréal.

Communauté métropolitaine de Montréal. (2013a). *Trame verte et bleue du Grand Montréal - Cadre de référence administratif du Parc Plage du Grand-Montréal*. Montréal.

Communauté métropolitaine de Montréal. (2013b). *Programme d'aide financière pour le projet d'aménagement d'un sentier cyclable et pédestre entre Oka et Mont-Saint-Hilaire*. Montréal.

Communauté métropolitaine de Montréal. (2013c). *Trame verte et bleue du Grand Montréal - Cadre de référence administratif du Parc de la rivière des Mille-Îles*. Montréal.

Communauté métropolitaine de Montréal. (2013d). *Trame verte et bleue du Grand Montréal - Cadre de référence administratif du corridor forestier du mont Saint-Bruno*. Montréal.

Communauté métropolitaine de Montréal. (2013e). *Trame verte et bleue du Grand Montréal - Cadre de référence administratif du corridor forestier Châteauguay-Léry*. Montréal.

Communauté métropolitaine de Montréal. (2013f). Identification et protection des bois et des corridors forestiers métropolitains. Montréal.

Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec (CRECQ). (2014). *Principe d'élaboration des corridors naturels au Centre-du-Québec*. Drummondville: Andréanne Blais, Louise Gratton.

Cormier, C., Côté, S., Mercure, M., Cerruti, A. et Minelli, F. (2012). Cadre méthodologique pour restaurer la connectivité écologique, de la planification à la conservation : étude de cas en Montérégie. *Le Naturaliste Canadien*, 136(2), 95-100. Récupéré de <http://www.erudit.org/revue/natcan/2012/v136/n2/1009114ar.pdf>

Coulon, A., Aben, J., Palmer, S. C. F., Stevens, V. M., Callens, T., Strubbe, D., Lens, L., Matthysen, E., Baguette, M. et Travis, J. M. J. (2015). A stochastic movement simulator improves estimates of landscape connectivity. *Ecology*, 96(8), 2203-2213.

Environnement Canada. (2013). *Quand l'habitat est-il suffisant?* 3e édition. Toronto: Environnement Canada

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 487-515.

Flather, C. H. et Bevers, M. (2002). Patchy reaction-diffusion and population abundance: the relative importance of habitat amount and arrangement. *The American Naturalist*, 159(1), 40-56.

Fondation David Suzuki et Nature-Action Québec. (2012). *Une ceinture verte grandeur nature : un grand projet mobilisateur pour la région de Montréal*. Montréal : Thomas Adams, Marie-Lyne Arbour, Pascal Bigras, Caroline Cormier, Jérôme Dupras, Michel Leboeuf, Karel Mayrand, Frédéric Minelli et Jean-Patrick Toussaint.

Fondation David Suzuki. (2012, 19 juin). *La Fondation David Suzuki et Nature-Action Québec publie un rapport à l'appui d'un projet mobilisateur pour le Grand Montréal*. [Communiqué]. Récupéré de <http://www.davidsuzuki.org/fr/medias/communiqués-de-presse/2012/06/une-ceinture-verte-grandeur-nature/>

Galois, P., Ouellet, M. et Fortin, C. (2007). Les parcs nationaux du Québec : herpétofaune, intégrité écologique et conservation. *Le Naturaliste canadien*, 131 (1), 76-83. Récupéré de [http://www.provancher.qc.ca/upload/file/131\\_1%20p%2076-83.pdf](http://www.provancher.qc.ca/upload/file/131_1%20p%2076-83.pdf)

- Gauthier, M. (2013). Corridors écologiques ou illusions numériques? Retour sur le congrès 2012 de l'ABQ. *In Vivo*, 33 (1), 10-12. Récupéré de [http://www.abq.qc.ca/site/pdf/inVivo/InVivo\\_Hiver13\\_3.pdf](http://www.abq.qc.ca/site/pdf/inVivo/InVivo_Hiver13_3.pdf)
- Gauthier, M. (2014). La planification des corridors écologiques dans les municipalités : le chemin le plus court n'est pas toujours le meilleur. *Bulletin de l'actualité environnementale en Estrie*, 7 (1), 4-5. Récupéré de [http://www.environnementestrie.ca/imports/pdf/bulletin%20EZV/2014/Bulletin\\_Hiver%202014.pdf](http://www.environnementestrie.ca/imports/pdf/bulletin%20EZV/2014/Bulletin_Hiver%202014.pdf)
- Gratton, L.(2010). Planification écorégionale de la Vallée du Saint-Laurent et du Lac Champlain, région du Québec. Montréal: Conservation de la nature Canada.
- Gratton, L., Lelièvre, M., Daguét, C., Martel, M.-J., Hone, F., Pfister, O. et Daudelin, F. (2011). *Conservation et foresterie : Contribuer au maintien des forêts privées du Québec méridional*. Lac-Brome: Corridor appalachien.
- Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Greene, J.L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S.. et Winne, C. T. (2000). The Global Decline of Reptiles, Déjà Vu Amphibians Reptile species are declining on a global scale. Six significant threats to reptile populations are habitat loss and degradation, introduced invasive species, environmental pollution, disease, unsustainable use, and global climate change. *BioScience*, 50(8), 653-666.
- Gilbert, F., Gonzalez, A. et Evans-Freke, I. (1998). Corridors maintain species richness in the fragmented landscapes of a microecosystem. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 265 (1396), 577-582.
- Gilbert-Norton, L., Wilson, R., Stevens, J. R., et Beard, K. H. (2010). A Meta-Analytic Review of Corridor Effectiveness. *Conservation Biology*, 24(3), 660-668.
- Gonzalez, A., Albert, C., Bronwyn, R., Dumitru, M., Dabrowski, A., Bennett, E. M., Cardille, J. et Lechowicz, M. J. (2013). *Corridors, biodiversité, et services écologiques : un réseau écologique pour le maintien de la connectivité et une gestion résiliente aux changements climatiques dans l'Ouest des Basses-Terres du Saint-Laurent*. Montréal:Ouranos. Récupéré de [http://www.ouranos.ca/media/publication/212\\_RapportGonzalez2014.pdf](http://www.ouranos.ca/media/publication/212_RapportGonzalez2014.pdf)
- Gonzalez, A. (2013, 6 juin). *Un réseau écologique pour notre région* [Vidéo]. Récupéré de <http://vimeo.com/71362690>
- Gonzalez, A. (2012, mai). *Corridors, Biodiversité, et Services Écologiques: un réseau écologique pour le maintien de la connectivité et une gestion résiliente aux*

*changements climatiques dans l'Ouest des Basses-Terres du Saint-Laurent.*  
Communication donnée au 80e Congrès de l'Association Francophone pour le Savoir (ACFAS), Montréal.

Jongman, R.H.G., Kùlvik, M. et Kristiansen, I. (2004). European ecological networks and greenways. *Landscape and Urban Planning*, 68,( 2-3), 305-319.

Kohler, Y., Scheurer, T. et Ullrich, A. (2009). Réseaux écologiques dans l'Arc alpin: des démarches innovantes pour la sauvegarde de la biodiversité. *Revue de géographie alpine*, 97 (1), 49-65.

La trame verte et bleue en basse-normandie. 2015. *Fonctionnalité écologique.*  
Récupéré de <http://www.trameverteetbleuebassenormandie.fr/fonctionnalite-ecologique-a32.html>

Li, T. et Ducruc, J.P. (1999). *Les provinces naturelles. Niveau I du cadre écologique de référence du Québec.* Québec: ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.

Marchand, P. et Houle, G. (2006). Spatial patterns of plant species richness along a forest edge: What are their determinants?. *Forest Ecology and Management*, 223(1), 113-124.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Island Press, Washington.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (2011). *Orientation stratégique du Québec en matière d'aires protégées, le Québec voit grand! Période 2011-2015.* Québec.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (2013). *Orientations gouvernementales en matière de diversité biologique 2013.* Québec.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (2004). *La Stratégie québécoise sur la biodiversité 2004 – 2007. Pour la mise en œuvre au Québec de la Convention sur la diversité biologique des Nations Unies.* Québec.

Mouvement ceinture verte. (2013, septembre). *Une trame verte et bleue pour la grande région de Montréal : ses caractéristiques et comment la mettre en place.* Communication donnée au forum La trame verte et bleue du Grand Montréal, l'affaire de tous. Montréal Récupéré

de [http://www.cremtl.qc.ca/sites/default/files/upload/documents/evenements/presentation\\_forum\\_mcv.pdf](http://www.cremtl.qc.ca/sites/default/files/upload/documents/evenements/presentation_forum_mcv.pdf)

Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune. (2003). *Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec*. Québec. Récupéré de [www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissancesinventaire-zones-carte.jsp](http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissancesinventaire-zones-carte.jsp)

Ouellet, M., Galois, P. et Pétel, R. (2004). *Inventaire des amphibiens et des reptiles sur le mont Royal au cours de l'année 2004*. Québec: ville de Montréal.

Opdam, P., Steingröver, E. et Rooij, S.V. (2006). Ecological networks : A spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75 (3-4), 322-332.

Pimm, S. L., Russell, G. J., Gittleman, J. L. et Brooks, T. M. (1995). The future of biodiversity. *Science*, 269(5222), 347.

Radford, J. Q., Bennett, A. F. et Cheers, G. J. (2005). Landscape-level thresholds of habitat cover for woodland-dependent birds. *Biological conservation*, 124(3), 317-337.

Rayfield, B., Pelletier, D., Dumitru, M., Cardille, J. A. et Gonzalez, A. (2015). Multipurpose habitat networks for short-range and long-range connectivity: a new method combining graph and circuit connectivity. *Methods in Ecology and Evolution*.

Robert, G. (2014). Conservation des réseaux écologiques et aménagement durable du territoire : cas de la ville de Granby (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke. Récupéré de [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais\\_2013/Robert\\_G\\_\\_2014-01-24\\_\\_01.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2013/Robert_G__2014-01-24__01.pdf)

Rompré, G., Boucher, Y., Bélanger, L., Côté, S. et Robinson, W. D. (2010). Conservation de la biodiversité dans les paysages forestiers aménagés: utilisation des seuils critiques d'habitat. *The Forestry Chronicle*, 86(5), 572-579.

Saunders, D. A., Hobbs, R. J. et Margules, C. R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation : a review. *Conservation Biology*, 5(1), 18-32.

Seburn, D. et Seburn, C. (2000). *Conservation priorities for the amphibians and reptiles of Canada*. World Wildlife Fund Canada.

Singleton, P. H., Gaines, W. L. et Lehmkuhl, J. F. (2004). Landscape permeability for grizzly bear movements in Washington and southwestern British Columbia. *Ursus*, 15(1), 90-103.

Staddon, P., Lindo, Z., Crittenden, P. D., Gilbert, F. et Gonzalez, A. (2010). Connectivity, non-random extinction and ecosystem function in experimental metacommunities. *Ecology letters*, 13(5), 543-552.

Toussaint, J.-P. et Dupras, J. (2013). Une ceinture verte pour mettre en valeur le patrimoine naturel du Grand Montréal. *In Vivo*, 33 (1), 16-19. Récupéré de [http://www.abq.qc.ca/site/pdf/inVivo/InVivo\\_Hiver13\\_3.pdf](http://www.abq.qc.ca/site/pdf/inVivo/InVivo_Hiver13_3.pdf)



## ANNEXES

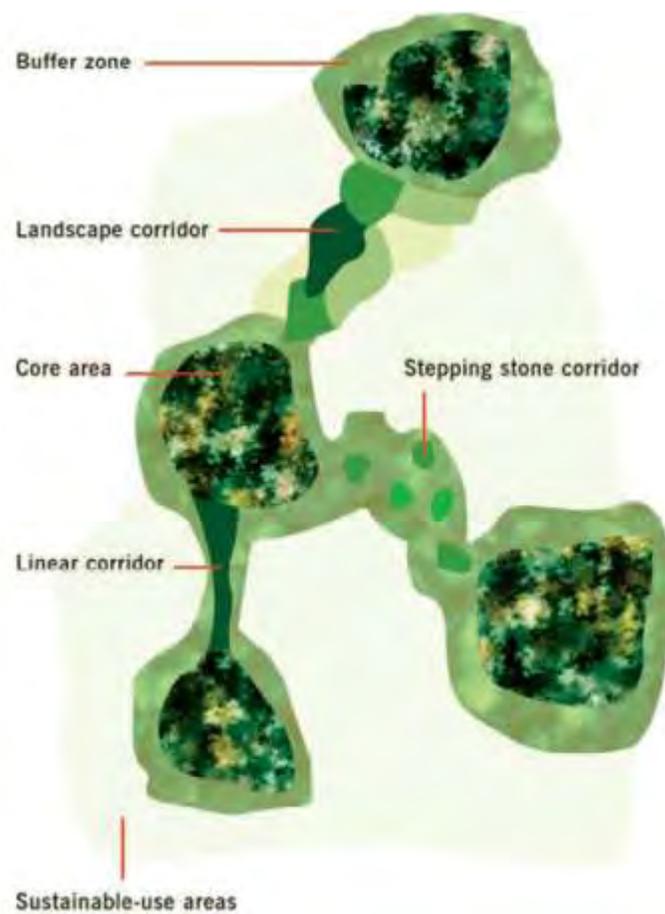


Figure 1 Représentation conceptuelle de la configuration spatiale d'un réseau écologique (Bennett et Mulongoy, 2006) Traduction : Buffer zone, zone tampon; Landscape corridor, mosaïque d'habitats; Core area, zone de conservation; Stepping stone corridor, Corridor pas-à-pas; Linear corridor, corridor linéaire; Sustainable-use areas, zone d'aménagement durable.

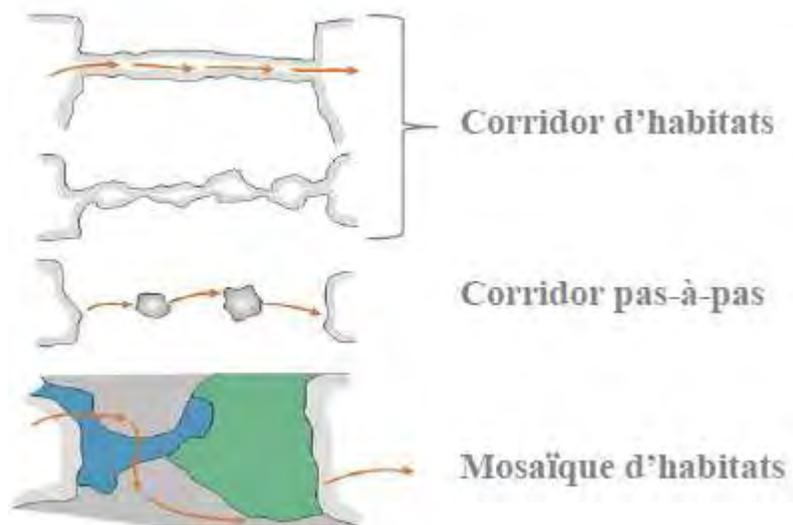


Figure 2 Configuration des corridors naturels selon Bennett (2003)

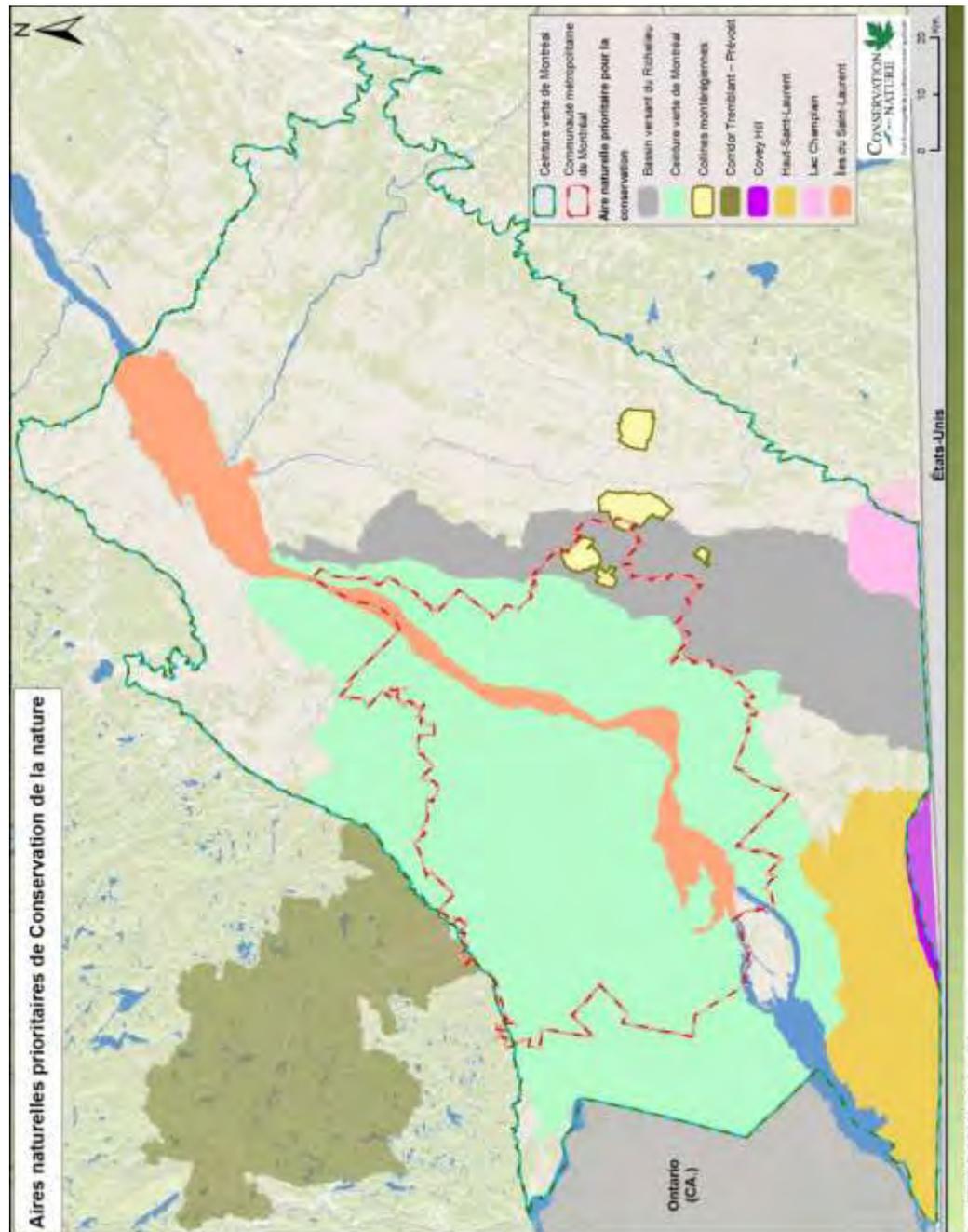


Figure 3 Aires naturelles prioritaires pour la conservation de Conservation de la nature pour la région de la Ceinture verte de Montréal. À noter que la zone en vert est désignée Ceinture Verte (Bigras et Zinger, 2013)

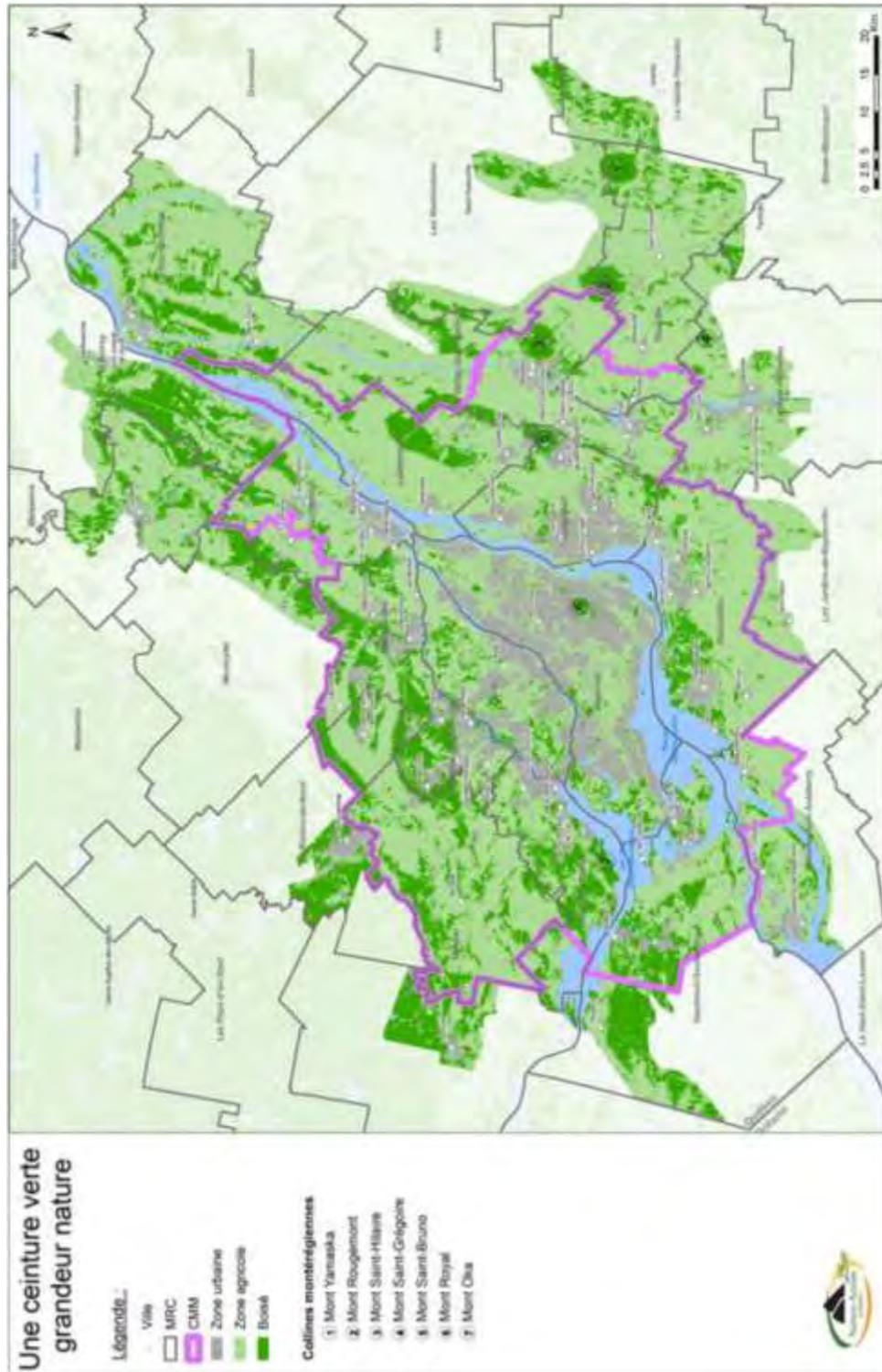


Figure 4 Ceinture Verte de Montréal proposée par Bigras et al. en 2011 au nom de Nature-Action Québec lors des consultations sur la PMAD

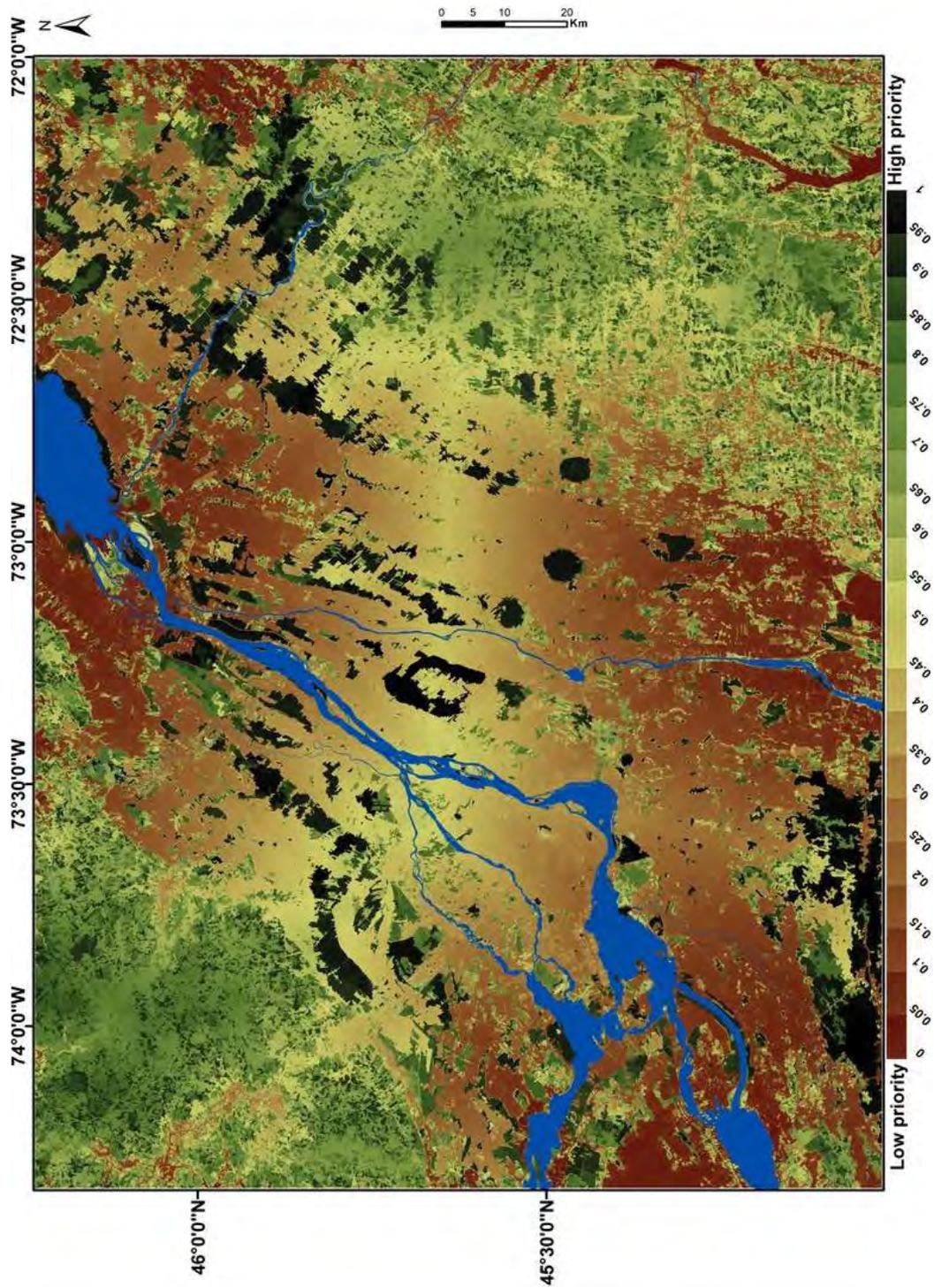


Figure 5 Modélisation de la priorisation des terres en perspective de créer des corridors écologiques pour la région de Montréal selon Gonzalez et al. (2013)

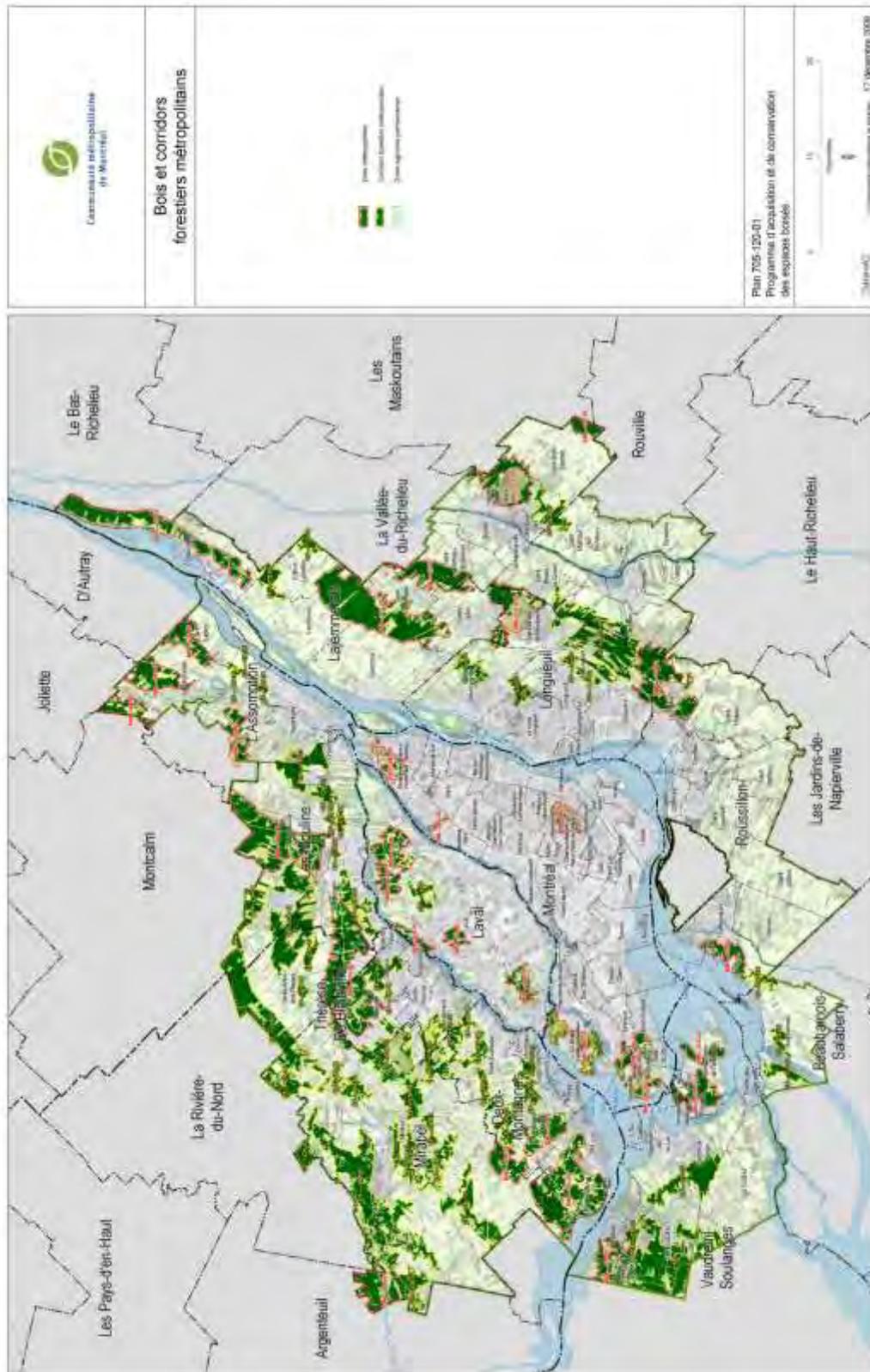


Figure 6 Carte représentant les 31 boisés et 52 corridors d'intérêt métropolitains pour le Programme d'acquisition et de conservation des espaces boisés (Fond Vert) (CMM, 2009)

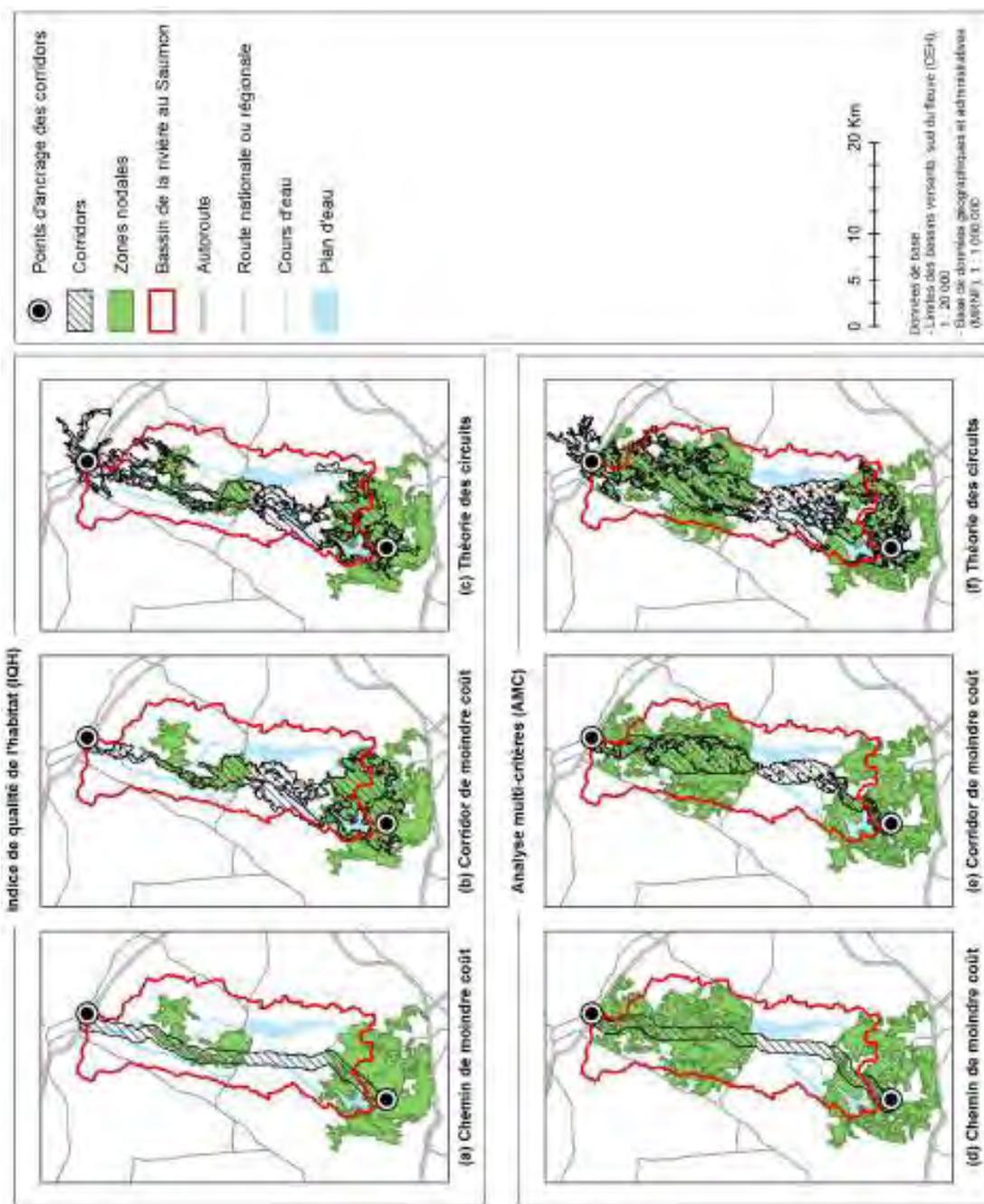


Figure 7 Combinaison de deux différentes méthodes de sélection de zones de conservation et de trois méthodes de création de corridor afin de montrer les différences engendrées par le choix entre ces méthodes (Bernier et Théau, 2013)