Communauté métropolitaine de Québec et la Table de concertation régionale pour la gestion intégrée du Saint-Laurent

Analyse de la connectivité écologique sur le territoire de la CMQ et de la TCRQ

Projet nº QR0173A

Préparé par :

Jean-François Labelle, M. Sc. géographie
Professionnel en environnement

Vérifié par :

Christian Gagnon, B. Sc. biologie
Directeur de projet

CIMA+
1190-B, rue de Courchevel, bureau 501
Lévis (Québec) G6W 0M6

Août 2018

Équipe de réalisation

Communauté métropolitaine de Québec

Marianne Thibault	M.ATDR, urbaniste

CIMA+, s. e. n. c.

Christian Gagnon	B. Sc. biologie	Directeur de projet
Jean-François Labelle	B. Sc. biol., M. Sc. géographie	Chargé de projet Géomatique, rédaction
Goulwen Dy	M. Sc. biologie	Rédaction
Josée Manseau	Adjointe administrative	Révision et montage

Référence à citer

CIMA+, 2018. *Analyse de la connectivité écologique sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) et de la Table de concertation régionale pour la gestion intégrée du Saint-Laurent (TCRQ).* Rapport préparé pour la Communauté métropolitaine de Québec. 64 p. + annexes

Sommaire

La Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) désire procéder à l'analyse et à la caractérisation de la connectivité écologique (corridor écologique) sur son territoire et celui concerné par la Table de concertation régionale pour la gestion intégrée du Saint-Laurent – Zone de Québec (TCRQ). La connectivité écologique réfère au degré de connexion entre les divers milieux naturels au sein d'un territoire, en ce qui concerne leurs composantes, leur répartition spatiale et leurs fonctions écologiques.

Cette démarche fait suite au rapport d'identification des milieux naturels d'intérêt pour la biodiversité sur le territoire de la CMQ, réalisé en collaboration avec Conservation de la nature, en 2015. De plus, elle est complémentaire à plusieurs autres démarches en cours à la CMQ : la Trame verte et bleue métropolitaine, le plan de gestion intégrée régional de la TCRQ, la révision du Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD) ainsi que le plan régional de protection des sources d'eau. Ainsi, le projet vise à identifier et à caractériser des corridors écologiques répondant aux enjeux de connectivité structurelle, et ce, à partir d'outils de géomatique.

Afin de guider le projet, la CMQ a mis sur pied un comité permettant ainsi de mieux cibler les besoins et les objectifs à l'échelle du territoire d'application.

Avec la participation du comité, des critères d'analyse ont été retenus, répondant aux enjeux et aux dossiers en cours à la CMQ. Pour y parvenir, des rencontres d'échanges ont eu lieu avec les membres du comité et un questionnaire leur a été acheminé. Cette étape a permis d'identifier les critères importants et leur poids dans l'analyse. Ainsi, des indices de qualité des milieux naturels (IQMN) ont été élaborés pour la biodiversité, la qualité de l'eau de surface et souterraine, ainsi que pour les paysages et les activités récréatives. Ces indices découlent du regroupement de différents services écologiques sur le territoire à l'étude sélectionné, selon les priorités de la CMQ et du comité de travail. À partir d'outils géomatiques, l'ensemble du territoire a été pondéré en lien avec ces indices.

Afin de modéliser un réseau de corridors écologiques, des pôles de connectivité sont identifiés sur le territoire. Ces pôles sont divisés en trois niveaux : le niveau 1 correspond aux parcs naturels d'intérêt métropolitain, le niveau 2A est constitué de parcs ou de secteurs présentant des affectations de conservation et le niveau 2B représente des secteurs se démarquant par un indice de qualité des milieux naturels élevé.

La sommation des IQMN a été utilisée afin de modéliser les corridors écologiques à l'aide d'un logiciel spécialisé. La méthode appliquée pour tracer les corridors est celle des chemins de moindre coût à l'aide d'outils géomatiques. Par la suite, une optimisation des corridors a été réalisée de manière à isoler les chemins de moindre coût et les corridors optimaux.

Table des matières

1. Introduction 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Mandat et objectifs 1

2. Approche méthodologique 3
2.1 Zone d'étude 4
2.2 Groupe de travail 5
2.3 Liste des intrants utilisés 6
2.4 Concept de réseau écologique et de corridors naturels 7
2.5 Objectifs de connectivité recherchés 7
2.5.1 Connectivité fonctionnelle 8
2.5.2 Connectivité structurelle 8
2.6 Analyse de démarches comparables 9
2.7 Synthèse des informations disponibles 10
2.8 Sélection de l'outil SIG 10

3. Élaboration des indices de qualité des milieux naturels envers les services écologiques 15
3.1 Sélection des services écologiques valorisés 15
3.2 IQMN - biodiversité 16
3.2.1 Éléments d'intérêt 16
3.2.2 Fonction écologique 18
3.3 IQMN pour la qualité de l'eau 19
3.3.1 Eau de surface 19
3.3.2 Eau souterraine 22
3.4 IQMN – pour les paysages et les activités récréatives 22
3.4.1 Esthétisme du paysage 22
3.4.2 Activité récréative 23
3.5 Poids relatif des IQMN et de leurs critères 24

4. Identification des pôles de connectivité 27

5. Étapes d'analyse géomatique 31
5.1 Mise à jour de l'occupation des milieux naturels 31
5.2 Géotraitement des critères 31

5.3 Transformation en format matriciel 31
5.4 Matrice de sommation des critères 32
5.5 Matrice de résistance 33
5.6 Modélisation des corridors 33

6. Optimisation et caractérisation des corridors écologiques 35
6.1 Optimisation des corridors écologiques 35
6.2 Caractérisation des corridors écologiques sélectionnés 40

7. Enjeux de conservation et options de mise en œuvre 55

8. Conclusion 59

9. Références 61

Liste des figures

Figure 1 : Principales étapes du mandat 3
Figure 2 : Territoire à l'étude 4
Figure 3 : Structure théorique d'un réseau écologique 7
Figure 4 : Exemple de méthodes utilisées pour le tracé de corridor (tiré de Bernier et Théau, 2013) 12
Figure 5 : Relation entre le pourcentage de couvert imperméable et la qualité des cours d'eau (adapté de Scheler, 2008) 20
Figure 6 : Schéma de l'organisation spatiale de la Trame verte et bleue métropolitaine et de ses éléments structurants (tirée de CMQ, 2017) 28
Figure 7 : Transformation d'un polygone en format matriciel 32
Figure 8 : Exemple de combinaison de fichiers matriciels avec pondération 32
Figure 9 : Paramètres utilisés pour la modélisation des corridors écologiques 34
Figure 10 : Résultat brut de l'analyse de corridor écologique 37
Figure 11 : Exemple de détournement du chemin de moindre coût 39
Figure 12 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor U (distance en mètre) 41
Figure 13 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor K (distance en mètre) 53

Figure 14 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor W (distance en mètre) 54

Liste des tableaux

Tableau 1 : Analyse comparative des outils SIG effectuée dans le cadre de l'analyse des corridors écologiques sur le territoire de la CMQ et de la TCRQ 13

Tableau 2 : Catégories de services écologiques 16

Tableau 3 : Poids relatif des critères issus du sondage des membres du comité de travail 25

Tableau 4 : Liste des pôles de connectivité sélectionnés 29

Tableau 5 : Synthèse des statistiques des IQMN pour chacun des 40 corridors écologiques retenus, le long du chemin de moindre coût (IQMN normalisé avec une valeur maximale de 100) 43

Tableau 6 : Synthèse des caractéristiques du milieu humain pour chacun des 40 corridors écologiques retenus 45

Tableau 7 : Résumé des outils de conservation pour les propriétaires de terrains privés (MDDELCC, 2018; Longtin, B., 1996) 58

Liste des annexes

Annexe A : Synthèse de la revue des démarches comparables

Annexe B : Critères de sélection des milieux naturels selon les services écologiques valorisés rendus

Annexe C : Dossier cartographique, cartes 1 à 10

Annexe D : Guide d'utilisation du logiciel Linkage Mapper

Annexe E : Fiches de caractérisation des corridors écologiques et statistiques

1. Introduction

1.1 Mise en contexte

La Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) a réalisé, en collaboration avec Conservation de la nature Canada (CNC), une étude portant sur les milieux naturels d'intérêt pour la biodiversité (2015) afin d'alimenter le concept de la Trame verte et bleue métropolitaine (TVB). Les résultats de cette étude ont permis de connaître les milieux et les secteurs ayant une valeur écologique supérieure et les zones possédant une grande richesse de biodiversité sur le territoire métropolitain. Aussi, cette étude a permis d'établir que la connectivité entre les écosystèmes par le biais de corridors écologiques assure une certaine protection de l'intégrité de ces milieux, tout en contribuant aux déplacements des espèces fauniques. Ces résultats sont conformes aux notions théoriques de connectivité énoncées dans le guide du Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec (CRECQ, 2014). La connectivité écologique s'inscrit avec plusieurs autres dossiers en cours à la CMQ, soit la Table de concertation régionale pour la gestion intégrée du Saint-Laurent (TCRQ), la TVB, la révision du Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD) et la protection des prises d'eau potable. La connectivité écologique réfère au degré de connexion entre les divers milieux naturels au sein d'un territoire, au niveau de leurs composantes, de leur répartition spatiale et de leurs fonctions écologiques.

1.2 Mandat et objectifs

À la suite de ces constats ainsi qu'à l'intégration de ces notions dans plusieurs dossiers en cours, la CMQ désire procéder à l'analyse de la connectivité écologique en confiant un mandat à CIMA+ afin de faire l'identification et la caractérisation des corridors écologiques à l'échelle de son territoire ainsi que sur celui concerné par la TCRQ.

Compte tenu de l'échelle du territoire à l'étude, la connectivité écologique recherchée est dite structurelle. La connectivité structurelle est définie comme « *le degré selon lequel les composantes naturelles d'un paysage sont physiquement reliées entre elles selon un objectif donné, sans nécessairement contribuer au déplacement des espèces* » (CRECQ, 2014). Plus précisément, l'objectif visé consiste à maintenir et/ou à restaurer les services écologiques rendus par les processus écologiques des milieux naturels, tels que la conservation des bandes riveraines, le maintien de la connectivité hydraulique des milieux humides, la diminution de l'érosion hydrique, la gestion des débits de pointe, l'amélioration de l'esthétique du paysage et de l'équilibre écosystémique, etc.

Les résultats de l'étude sur les corridors écologiques pourront être utilisés comme base de connaissances, en complément à d'autres données et outils de planification du territoire, dans le cadre de dossiers en cours ou à venir à la CMQ soit; relativement à la protection des milieux naturels et de la biodiversité, le développement d'une trame verte et bleue ou encore le plan de gestion intégrée du fleuve Saint-Laurent – région de Québec. Les résultats obtenus servent avant tout d'outil d'aide à la décision pour les dossiers en cours. Les corridors écologiques désignés dans cette étude ne doivent pas être nécessairement appliqués tels quels.

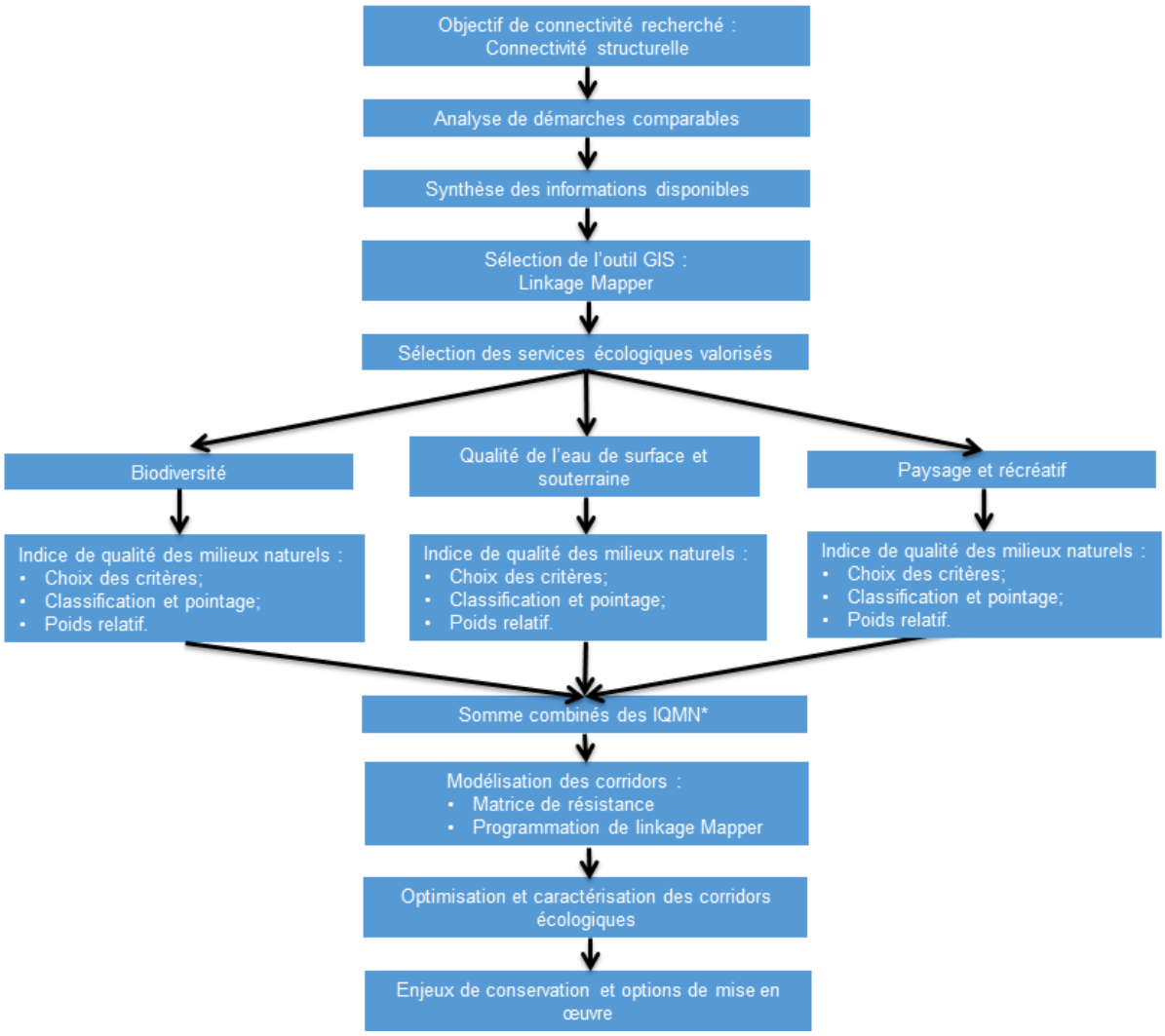
L'échelle métropolitaine utilisée, la tenure des terres, les plans d'urbanisme, les contraintes et la planification du territoire qui ne sont pas intégrés à la modélisation viennent limiter l'application des résultats. Une adaptation à l'échelle locale, afin de correspondre à la réalité des municipalités, est nécessaire.

L'approche désirée par la CMQ est inspirée du guide du CRECQ (2014) « *Principe d'élaboration des corridors naturels du Centre-du-Québec* », tout en s'appuyant sur les éléments suivants :

- Échanges et rencontres avec les parties prenantes, dont les représentants de la CMQ;
- Documents fournis par la CMQ et les MRC partenaires identifiées au devis;
- Méthodologie testée et éprouvée dans d'autres mandats comparables;
- Utilisation d'un système d'information géomatique (SIG) pour l'analyse des données;
- Expertise et expérience de premier niveau dans l'analyse et la planification de réseau écologique et l'utilisation d'un SIG.

2. Approche méthodologique

L'objectif du mandat consiste en partie à élaborer une méthode pour l'identification et la caractérisation des corridors écologiques basée sur un SIG, ainsi que l'exploration de données faisant référence au territoire à l'étude. Par conséquent, la majorité des éléments méthodologiques présentés dans le rapport sont issus d'une réflexion qui a été menée en continu jusqu'à la présentation des résultats. Les grandes étapes de la réalisation du mandat, librement inspirées du guide du CRECQ (2014) ainsi que des spécifications apportées par la CMQ et le groupe de travail, sont illustrées à la figure 1.



*IQMN : Indice de qualité des milieux naturels

Figure 1 : Principales étapes du mandat

2.1 Zone d'étude

Le territoire à l'étude correspond :

- À celui de la CMQ, qui comprend ceux de l'agglomération de Québec, de la ville de Lévis et des MRC de la Jacques-Cartier, de la Côte-de-Beaupré et de l'Île d'Orléans;
- Au territoire non organisé (TNO) de Sault-au-Cochon;
- Aux trois municipalités de la MRC de Bellechasse qui sont riveraines au fleuve soit : Beaumont, Saint-Michel-de-Bellechasse et Saint-Vallier.

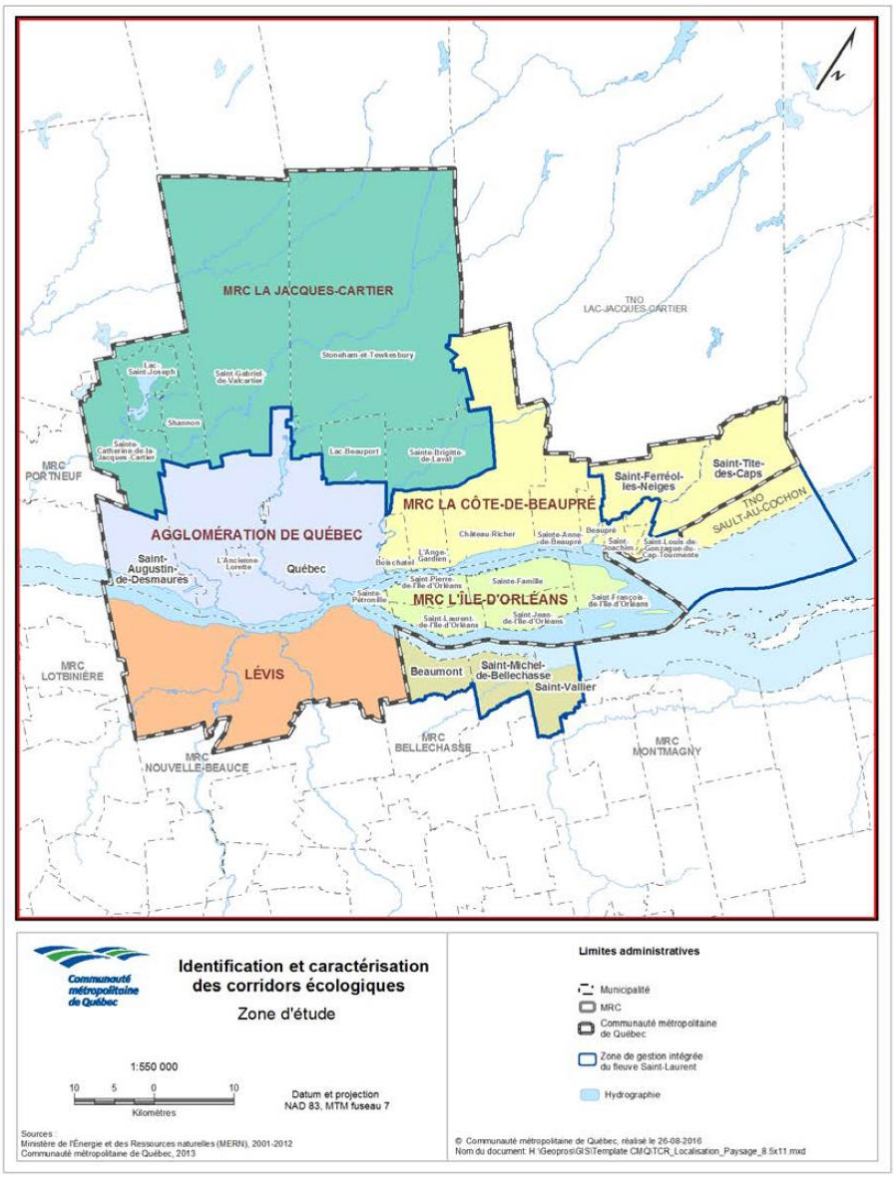


Figure 2 : Territoire à l'étude

2.2 Groupe de travail

Au début du mandat, un groupe de travail composé des représentants des MRC partenaires a été réuni par la CMQ. Ce comité a été élargi aux professionnels de la CMQ lors de la présentation par CIMA+ le 27 février 2017, portant sur l'approche méthodologique. Les personnes composant le comité consultatif sont les suivantes :

- Marianne Thibault, conseillère en aménagement du territoire et chargée de projet, Communauté métropolitaine de Québec;
- Julie Deslandes, géomaticienne, Ville de Québec;
- Carole Beauregard, coordonnatrice à l'aménagement du territoire, Communauté métropolitaine de Québec;
- Annie Caron, urbaniste, Ville de Québec;
- Marysela Rubiano, conseillère en environnement, Ville de Québec;
- Anne-Marie Cantin, conseillère en environnement, Ville de Québec;
- Isabelle Peltier, conseillère en environnement, Ville de Lévis;
- Nicolas Talbot, coordonnateur à l'aménagement du territoire, MRC de La Jacques-Cartier;
- Jean-François Guillot, responsable de l'aménagement du territoire et directeur général adjoint, MRC de La Côte-de-Beaupré;
- Mylène Légère, aménagiste-géomaticienne, MRC de La Côte-de-Beaupré;
- Simon Lemieux, responsable de l'aménagement du territoire, MRC de L'Île-d'Orléans;
- Catherine Bergeron, directrice du service d'aménagement du territoire, MRC de Bellechasse.

Groupe élargi aux professionnels de la CMQ :

- Alexandre Bélanger, conseiller en environnement;
- Anthony Kish, conseiller à la gestion intégrée du Saint-Laurent;
- Bruno Labonté, coordonnateur à la géomatique;
- François Morneau, coordonnateur du plan d'action pour la protection des prises d'eau municipales;
- Chantal Prud'Homme, conseillère senior en paysages;
- Steeve Tremblay, technicien en géomatique.

2.3 Liste des intrants utilisés

Afin de réaliser le mandat, une grande quantité de données a dû être consultée et intégrée à la modélisation. Les données spatiales fournies par la CMQ dans le cadre de ce mandat sont les suivantes :

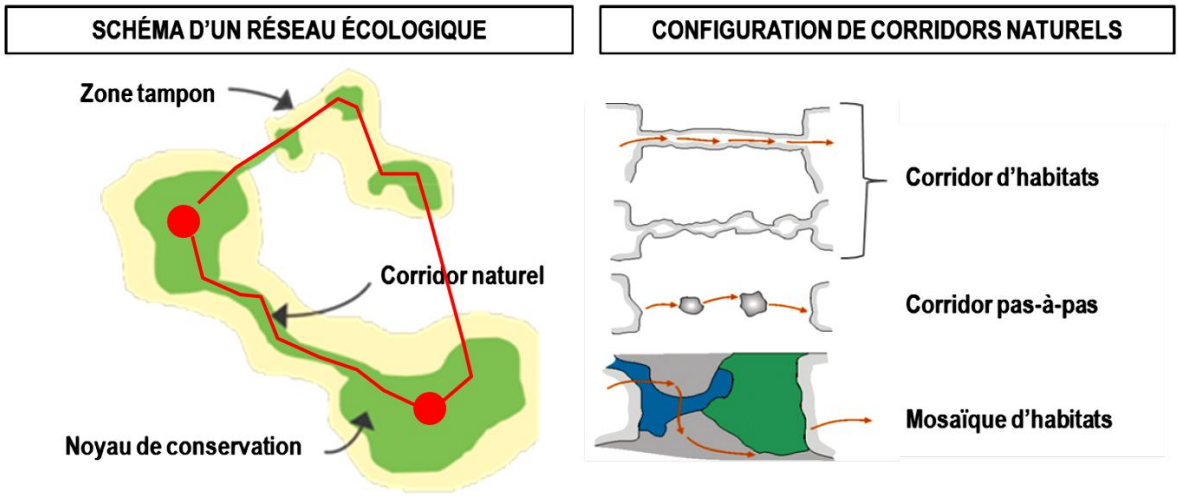
- Milieux urbain et périurbain;
- Occupation du sol de la CMQ (2013) et de la TCRQ (2013);
- Hydrographie linaire;
- Hydrographie linaire Lévis;
- Hydrographie surfacique;
- Réseau routier;
- Territoire de la CMQ et de la TCRQ;
- Aires protégées et les aires protégées projetées;
- Données écoforestières du 4e décennal;
- Milieux humides (2013) de Canards Illimités Canada, milieux humides de Lévis (2015) et milieux humides TCRQ (2014) de Canards Illimités Canada;
- Milieux naturels de l'estuaire du Saint-Laurent et milieux naturels d'intérêt de la ville de Québec (2014);
- Résultat de l'analyse des milieux naturels d'intérêt (filtre grossier, filtre fin et analyse de maille) CMQ et CNC (2015);
- Paces et indice Drastic provenant du projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec (2013) ;
- Les écosystèmes forestiers exceptionnels (EFE);
- Données des espèces à statut;
- Parcs et sites d'importances tels que le mont Wright, la réserve faunique, la réserve de Tantaré, la station touristique Duchesnay et la Garnison de Valcartier;
- Zonage agricole;
- Tenure des terres;
- Bassins versants et les prises d'eau potable;
- Les coulées vertes et bleues.

2.4 Concept de réseau écologique et de corridors naturels

Selon le CRECQ (2014), « la connectivité est représentée par un réseau écologique composé de différents éléments abiotiques ou biotiques et de milieux naturels ou semi-naturels présents au sein d'un même paysage. Ce réseau cohérent et interconnecté inclut des noyaux de conservation, des zones tampons et des corridors naturels spatialement définis et gérés, dans le but de maintenir ou de restaurer les processus écologiques, de manière à conserver la biodiversité et à favoriser l'utilisation durable des ressources naturelles ».

La figure 3 présente un exemple théorique de réseau écologique ainsi que trois exemples de configuration de corridors naturels, soit les corridors d'habitats, les corridors pas-à-pas et la mosaïque d'habitats. Pour les besoins de l'étude, l'appellation « noyau de conservation » par les CRECQ (2014) a été remplacée par « pôle de connectivité ».

Les corridors d'habitats et de pas-à-pas sont généralement localisés à l'intérieur d'un paysage composé de milieux naturels fragmentés, soit par le développement des centres urbains ou bien par les activités agricoles. À l'intérieur du territoire à l'étude, cette configuration de corridor s'observe du sud vers le nord, jusqu'aux contreforts des Laurentides. Au-delà de cette limite, les corridors naturels sont composés de mosaïques d'habitats à l'intérieur du territoire forestier.



Adaptée de CRECQ (2014)

Figure 3 : Structure théorique d'un réseau écologique

2.5 Objectifs de connectivité recherchés

Dans le cas d'un projet d'identification de corridors écologiques, il est important de déterminer très rapidement les objectifs de connectivité poursuivis, puisque ces derniers permettent d'orienter les analyses subséquentes, notamment lors de l'utilisation du SIG. Les objectifs de connectivité se regroupent en deux grandes catégories, soit la connectivité fonctionnelle et la connectivité structurelle. C'est cette dernière que la CMQ a identifiée comme objectif de connectivité dans le cadre du projet à l'étude.

2.5.1 Connectivité fonctionnelle

Selon le CRECQ (2014), « le concept de connectivité fonctionnelle est défini comme le degré selon lequel le paysage permet le déplacement d'une espèce ciblée ou le déroulement d'un processus écologique dans la mesure où toutes les autres conditions sont rencontrées. Cette définition met l'emphase sur le fait que le type, la superficie et l'organisation spatiale des habitats, et/ou de l'utilisation du territoire dans le paysage influencent le déplacement des espèces et, ultimement, la dynamique des populations et la structure des communautés (Taylor et al., 2006). La connectivité fonctionnelle résulte d'une interaction entre un processus comportemental (le besoin de se déplacer des espèces) et la structure du paysage ».

La connectivité fonctionnelle vise alors à répondre aux besoins de la faune et de la flore en maintenant et en favorisant le déplacement d'espèces d'intérêt ou bien en situation précaire. Dans ce cas, il convient d'identifier les groupes d'espèces cibles ainsi que leurs spécificités comme les indices de qualité d'habitat (IQH) ou encore les contraintes liées à leurs déplacements afin de localiser les corridors de dispersion à travers la trame de milieux naturels.

Ce type de connectivité n'était pas recherché par la CMQ, pour les deux raisons suivantes : la grande échelle d'action visée par la CMQ et l'ambition de travailler au niveau des services écologiques contrairement au déplacement des espèces qui n'est pas un enjeu identifié par la CMQ et la TCRQ.

2.5.2 Connectivité structurelle

Selon le CRECQ (2014), « la connectivité structurelle est définie comme le degré selon lequel les composantes naturelles d'un paysage sont physiquement reliées entre elles selon un objectif donné, sans nécessairement contribuer au déplacement des espèces. Elle vise la conservation de relations physiques entre les composantes naturelles du paysage, indépendamment de leur fonctionnalité pour les organismes vivants. Pour ce type de connectivité, les analyses ne considèrent pas les données comportementales des espèces vivantes. Les objectifs visés par la connectivité structurelle portent habituellement sur les services écologiques rendus par les processus écologiques des milieux naturels à la collectivité. Il peut s'agir de : conserver les bandes riveraines, conserver la connectivité hydraulique entre des milieux humides, améliorer l'esthétique du paysage et réduire l'érosion éolienne. En somme, il s'agit de réaliser une analyse du paysage qui ne tient pas en compte les processus qui déterminent l'abondance et la répartition des espèces ».

Dans le cadre de cette étude, la CMQ a identifié la connectivité structurelle comme étant l'objectif à atteindre dans l'identification des corridors écologiques. Pour ce faire, une des étapes du mandat a consisté à établir, avec les partenaires, quels services ou processus écologiques des milieux naturels devraient être valorisés sur le territoire à l'étude (section 3.1).

La CMQ a choisi de travailler sur la connectivité structurelle vue l'étendue du territoire, des enjeux identifiés et des dossiers en cours.

2.6 Analyse de démarches comparables

Une recherche de démarches comparables d'identification et de caractérisation de corridors écologiques au Québec et ailleurs dans le monde a été entreprise dès le début du mandat.

Cette analyse a permis d'identifier les bons et les mauvais coups ainsi que les mesures connues et mises en place afin d'améliorer la connectivité écologique (annexe A). La transmission de l'expérience vécue par d'autres dans des projets similaires a pu ainsi être mise à profit dans le cadre de ce mandat.

Le premier constat de cette revue de littérature est qu'aucune étude sur la connectivité structurelle en lien avec l'objectif de la présente étude n'a pu être identifiée. En effet, bien qu'il soit reconnu que le changement dans la connectivité du paysage est susceptible d'avoir des effets importants sur l'environnement, notamment des effets sur la perte de connectivité sur la pollinisation, la lutte contre les ravageurs, la régulation des inondations ou l'approvisionnement en nourriture (Mitchell *et al*., 2013), peu d'études ont abordé la question spécifique du rôle des corridors en tant que tels sur ces services (Vanpeene-Bruhier et Bourdil, 2014). C'est pourquoi l'ensemble des études mises de l'avant dans le cadre de notre recherche traite de la connectivité du paysage en lien avec le déplacement des espèces fauniques et floristiques. Lorsqu'ils ont été abordés, comme dans l'étude sur la planification opérationnelle des corridors verts dans la MRC du Haut-Saint-Laurent (CREVHSL, 2012), les bienfaits des corridors sur les services écologiques sont considérés de manière indirecte, soit à la fin des opérations et selon la nature des résultats. Les milieux naturels, mis alors en évidence pour leur maintien de la biodiversité, peuvent avoir des bénéfices additionnels pour l'environnement, par exemple l'amélioration de la santé des écosystèmes aquatiques dans le cas des corridors verts riverains.

Plusieurs études font également part de leurs mises en garde relativement à l'utilisation des outils SIG pour l'identification des corridors et conséquemment sur l'interprétation et l'analyse des résultats. La conception d'un réseau écologique présente une certaine variabilité pour un même territoire, dépendamment de l'approche méthodologique sélectionnée. En effet, la diversité des résultats est influencée par l'ensemble des choix méthodologiques effectués à chaque étape de la conception du réseau. À ce propos, Beier *et al.,* (2008) propose un cheminement décisionnel, ayant pour objectif d'orienter la réflexion vers des choix éclairés tout en prenant connaissance de leurs limites et de leurs contraintes. Par exemple, la modélisation des corridors à l'aide des outils SIG est influencée par le choix des paramètres, les données sources et l'attribution d'une pondération (Beier *et al.*, 2008; Bernier et Théau, 2013). Par conséquent, la disponibilité, la quantité et la qualité des données utilisées sont des facteurs limitants pour la précision de la modélisation. De plus, le poids relatif des critères retenus, comme dans la majorité des études, est attribué en fonction d'estimations dérivées de la littérature scientifique et d'opinions d'experts impliquant ainsi des décisions subjectives (Beier *et al.*, 2008, CRE, Bernier et Théau, 2013). Quant à eux, les pôles de connectivité sont la base structurante du réseau de corridors recherché. Leur localisation, qu'elle soit identifiée de manière visuelle ou bien selon la qualité des milieux naturels, est alors déterminante dans l'illustration des divers chemins empruntés pour les relier les uns aux autres.

Par ailleurs, le choix de l'outil SIG et de l'algorithme qu'il utilise amène son lot de particularité et de différence dans la conception des corridors écologiques comme le nombre de liens, leurs parcours, leurs largeurs, etc.

Une série d'avantages et d'inconvénients des différents outils SIG disponibles pour l'identification et la caractérisation des corridors écologiques a pu être colligée, notamment pour les outils Corridor Designer, Linkage Mapper et Circuitscape, envisagés dès le début de mandat. Une analyse comparative de ces différents outils est présentée à la section 2.5.

Au final, la modélisation des corridors à l'aide d'outils SIG implique inévitablement une simplification des processus écologiques étudiés et ainsi d'accepter une certaine incertitude dans le degré de représentativité des critères considérés et du réseau écologique sélectionné (Bernier et Théau, 2013). Dans un contexte de connectivité fonctionnelle, il est néanmoins possible de valider les résultats d'une modélisation du déplacement d'espèces fauniques par des protocoles expérimentaux utilisant des outils tels que la télémétrie. Mais qu'en est-il vraiment de la connectivité structurelle, compte tenu de la difficulté à mesurer et à quantifier les bénéfices des services écologiques *in situ* ? Dans l'optique où les résultats de la modélisation d'une connectivité structurelle ne sont vraisemblablement pas vérifiables par des études sur le terrain, il est alors acceptable d'émettre l'idée qu'il n'existerait pas de scénario unique de réseau écologique de ce type sur un territoire donné. Maintenant, comment l'approche méthodologique a-t-elle été orientée afin d'obtenir un résultat satisfaisant ? Dans ce type de projet, l'important est d'obtenir le consensus des différents gestionnaires présents sur le territoire tout au long du cheminement décisionnel. À la fin de l'exercice, le scénario de connectivité délivré sera alors le plus abouti puisqu'il est alimenté par la concertation sur les orientations de gestion du territoire.

L'approche utilisée dans le cadre du présent mandat a été, notamment, de mettre de l'avant des services écologiques déjà valorisés sur le territoire et de soumettre à la CMQ ainsi qu'aux membres du comité un sondage afin d'évaluer leur importance relative (section 3.5). Au final, le résultat cartographique illustrant un réseau écologique doit servir de base de discussion et être utilisé comme un outil d'aide à la décision pour les décideurs (Bernier et Théau, 2013; CRECQ, 2014; CREVHSL 2012).

2.7 Synthèse des informations disponibles

Cette étape a consisté à synthétiser toutes les informations disponibles sur les milieux naturels du territoire à l'étude. Pour ce faire, les intrants fournis par la CMQ et ses partenaires, tels que des bases de données ainsi que des documents de références, ont été analysés. Les bases de données géospatiales ont été privilégiées pour le traitement prévu au mandat, à l'aide d'un SIG. Les documents de références ont été consultés afin de se familiariser et de comprendre la source de ces données ainsi pour orienter leur traitement. Des données complémentaires fournies par la CMQ sont venues compléter les fichiers de base. Le jeu de données a été complété le 22 juin 2017.

2.8 Sélection de l'outil SIG

L'objectif méthodologique de l'étude est de faire appel à la science des réseaux pour l'identification des corridors écologiques. Cette discipline scientifique émergente utilise des outils de modélisation combinant les connaissances sur les milieux naturels et les mathématiques. Dans le cadre de cette étude, les opérations assistées par ordinateur ont été réalisées à l'aide de géotraitements et de logiciels supplémentaires disponibles sur le logiciel ArcGIS.

Il existe deux principales méthodes de création de corridors à l'aide des SIG, soit la méthode du corridor de moindre coût et la théorie des circuits (figure 4) (Bernier et Théau, 2013). Dans les deux cas, une étape préliminaire consiste à créer un fichier matriciel de résistance ou de qualité d'habitat selon le logiciel et l'approche retenue. De façon générale, ces analyses sont basées sur une couche de données matricielles montées selon les besoins et les objectifs désirés.

Pour une approche visant à créer des corridors structurels, la valeur des pixels du fichier matriciel de résistance sera inversement proportionnelle à la qualité des milieux naturels en fonction des critères retenus. Alors que pour une analyse portant sur des corridors fonctionnels la matrice de résistance représente la résistance au passage de l'espèce ciblée.

Les corridors identifiés par l'approche de moindre coût représentent un élargissement des chemins ayant le coût minimal de transit entre les pôles de connectivité. Le coût de déplacement est calculé en combinant la distance et la perméabilité de la matrice de résistance. Quant à elle, l'approche de la théorie des circuits identifie les corridors en considérant que la résistance au déplacement dans un paysage est analogue à la résistance dans un circuit électrique (McRae *et al*., 2008). La probabilité qu'un individu dont le déplacement suit une marche aléatoire traverse un pixel donné est considérée proportionnelle au courant qui circule dans ce pixel (Bernier et Théau, 2013).

Chacune des deux approches méthodologiques fait appel à des outils SIG différents. Les études de cas (démarches similaires, section 2.5) ont permis de sélectionner les trois logiciels d'intérêt, soit CorridorDesign, Linkage Mapper ou encore Circuitscape. Une analyse comparative de ces trois logiciels a ensuite été réalisée. Le bilan des avantages et des inconvénients de leur utilisation est présenté au tableau 1. Sur la base de cette analyse avantages/inconvénients, le logiciel LinkageMapper a été sélectionné par CIMA+ pour l'identification des corridors dans le cadre de la présente étude.

Les principales raisons qui ont mené au choix de ce logiciel sont les suivantes :

- Facilité d'utilisation;
- Bonne interprétation des résultats;
- Modélisation d'une plus grande quantité de liens que Corridor Designer ;
- Possibilité d'élargir le corridor en fonction des valeurs de perméabilité de la matrice de résistance.

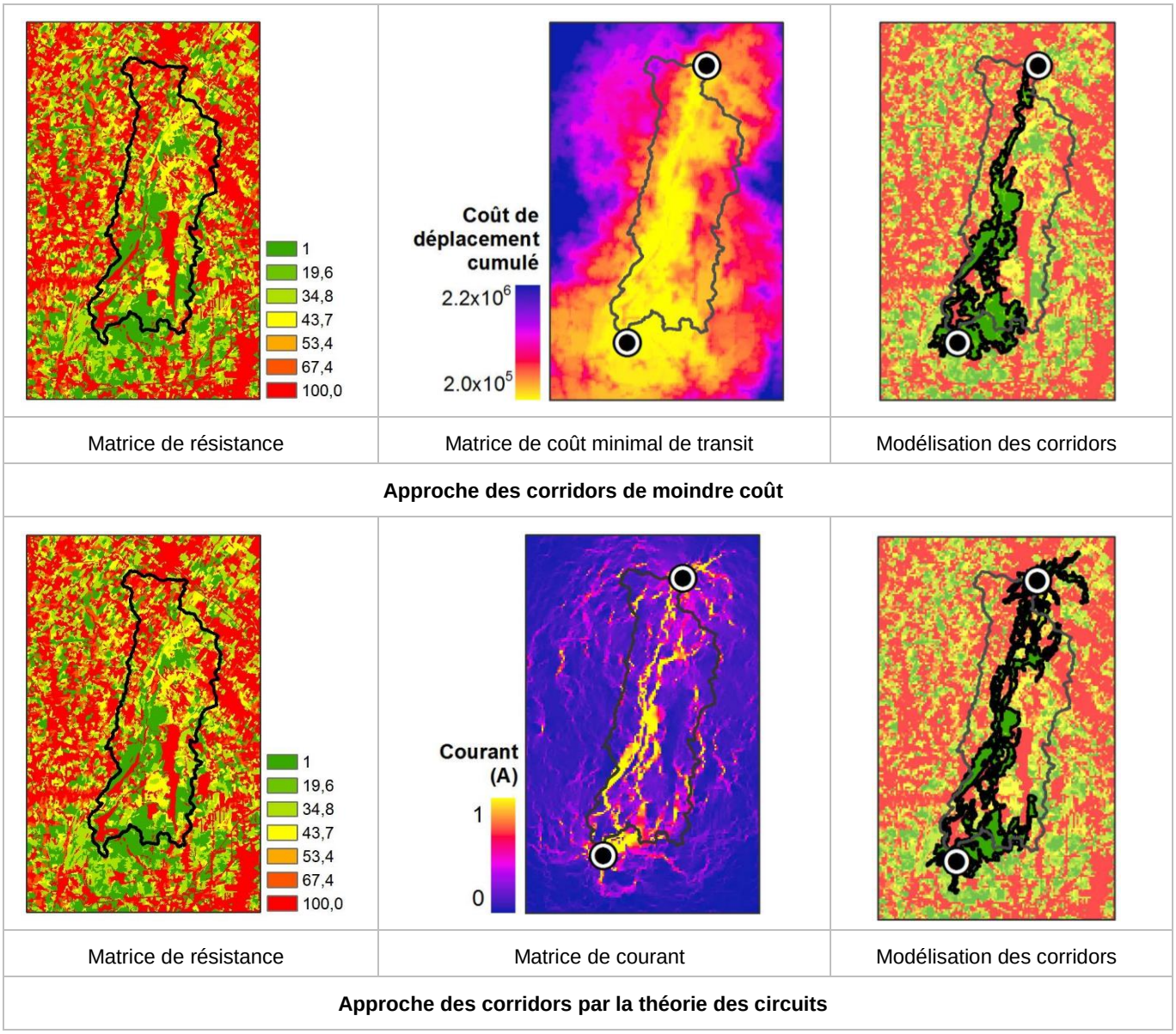


Figure 4 : Exemple de méthodes utilisées pour le tracé de corridor (tiré de Bernier et Théau, 2013)

Tableau 1 : Analyse comparative des outils SIG effectuée dans le cadre de l'analyse des corridors écologiques sur le territoire de la CMQ et de la TCRQ

Spécification	Circuitscape	Corridor Designer	LinkageMapper
Description	Circuitscape est un programme *open-source* qui emprunte des algorithmes à la théorie des circuits électriques pour prédire le mouvement et le flux génétique entre les populations végétales et animales. La théorie des circuits complète les approches à moindre coût, car elle considère simultanément les effets de toutes les voies possibles dans un paysage (random walk).	CorridorDesigner est une boîte à outils supplémentaire du logiciel ArcGIS. Cet outil permet de créer des corridors entre deux pôles de connectivité selon la qualité d'habitat et selon une analyse de moindre coût. Une extension supplémentaire fournit des outils s'intégrant à ArcGIS afin d'évaluer et de comparer chacun des corridors résultants de l'analyse. La boîte à outils facilite la création d'un fichier matriciel de qualité d'habitat, identifie les parcelles d'habitat (patch) et créer des corridors de moindre coût.	Linkage Mapper est un ensemble d'outils SIG conçus pour soutenir les analyses régionales de connectivité des habitats fauniques; il automatise la cartographie des corridors écologiques. Linkage Mapper utilise une matrice de résistance pour identifier et cartographier les liens entre les zones de conservation. Chaque cellule dans une matrice de résistance correspond à un pointage dont la valeur reflète le coût énergétique, la difficulté ou le risque de mortalité de se déplacer à travers cette cellule. Au fur et à mesure que la faune s'éloigne des zones de conservation spécifiques, les analyses de distance pondérées en fonction des coûts de déplacement produisent des cartes de la résistance totale au mouvement accumulé.
Logiciels requis	Fonctionne avec une série de scripts Python indépendants, donc aucun logiciel supplémentaire n'est nécessaire.	Un logiciel ArcGIS 9.1 ou version plus récente (10.1), une extension d'analyse spatiale et Python 2.1 ou plus récent.	Script Python organisé sous forme d'une boîte à outils (Toolbox) pour ArcGIS. Le logiciel a été optimisé pour la version ArcGIS 10.0.
Lien internet	http://www.circuitscape.org/	http://www.corridordesign.org/	http://www.circuitscape.org/linkagemapper
Approche	Théorie des circuits	Chemin de moindre coût	Hybride entre la théorie des circuits et le chemin de moindre coût.
Intrants nécessaires	1. Pôles de connectivité; 2. Fichier matriciel de résistance au déplacement.	1. Polygones de pôles de connectivité représentant des habitats de qualité. Les pôles seront utilisés en pairs pour la modélisation des corridors; 2. Fichier matriciel de qualité d'habitat ou de somme des indices de qualité des milieux naturels. La valeur des pixels de la matrice doit être normalisée entre 0 et 100. Il est préférable d'utiliser les outils fournis avec le logiciel pour créer cette matrice.	1. Polygones de pôles de connectivité, tous les pôles sont utilisés dans une seule itération; 2. Fichier matriciel de résistance au déplacement.
Format de données	Matriciel (raster).	Vectoriel et matriciel (raster).	Vectoriel et matriciel (raster).
Résultat de l'analyse	Fournis une surface matricielle (raster) permettant de visualiser la distribution du courant entre les deux sources. Les zones avec un courant élevé peuvent permettre d'identifier les corridors potentiels, car elles indiquent une probabilité élevée qu'un individu s'y déplace par marche aléatoire.	- Corridors potentiels; - Évaluation de la qualité du corridor.	- Corridors potentiels; - Surface continue de relative facilité de mouvement.

Tableau 1 : Analyse comparative des outils SIG effectuée dans le cadre de l'analyse des corridors écologiques sur le territoire de la CMQ et de la TCRQ (suite et fin)

Spécification	Circuitscape	Corridor Designer	LinkageMapper
Avantages	Tous les liens possibles entre les zones de conservation sont visibles et non pas seulement les principaux corridors. La théorie des circuits est utile afin de décrire et d'analyser les corridors potentiels. Les goulots d'étranglement où les barrières au déplacement sont facilement identifiables.	Identifie des liens clairs et fournit un outil pour évaluer leur qualité relative.	Identifie des liens clairs et présente simultanément l'ensemble des liens possibles entre tous les pôles de connectivité. L'élargissement des corridors se fait lors d'une étape subséquente et s'opère par itération de manière proportionnelle au coût de déplacement par rapport au chemin de moindre coût. Élargir de manière qualitative. Les goulots d'étranglement ou les barrières au déplacement sont facilement identifiables.
Inconvénients	Parce que la surface de sortie est continue, elle nécessite un examen et une interprétation ou une modélisation complémentaire pour identifier où les meilleurs liens peuvent être. En effet, l'interprétation du résultat est difficile puisque les valeurs obtenues représentent la force du courant à un endroit donné. Un courant élevé peut représenter soit une résistance faible ou encore parce que les autres chemins sont forcés de passer au même endroit sans être nécessairement un bon choix. Le courant est donc contraint de circuler au même endroit.	Fonctionne seulement par paire de pôles de connectivité et nécessite plusieurs itérations afin de générer une trame de corridor. L'élargissement des corridors s'opère par itération de manière proportionnelle à la taille de la matrice de résistance. Pas préférable pour la modélisation des goulots d'étranglement. Pas idéal pour regarder des options alternatives.	Pas d'outils pour la caractérisation des corridors.

3. Élaboration des indices de qualité des milieux naturels envers les services écologiques

L'élaboration de la matrice de résistance avec laquelle l'outil SIG identifiera les corridors favorisant la connectivité structurelle (section 5) nécessite, en premier lieu, l'évaluation de l'indice de la qualité des milieux naturels (IQMN) sur le territoire à l'étude. Cet indice a été déterminé selon une approche multicritère et vise à quantifier la contribution des milieux naturels envers les services écologiques valorisés pour l'étude.

Un IQMN a été élaboré pour chacun des services écologiques valorisés selon un ensemble de critères. Ces derniers ont été sélectionnés en fonction de l'information existante en format SIG fournie par la CMQ et ses partenaires, de la disponibilité des données sur l'ensemble du territoire à l'étude et de leur caractère discriminatoire. Tous les critères retenus ont été exposés au groupe de travail afin d'intégrer les critères communs et furent approuvés par la CMQ au terme d'une rencontre tenue le 27 février 2017 et d'échanges subséquents. La classification des valeurs numériques de chacun des critères et le pointage accordé aux milieux naturels ont ensuite été évalués selon l'avis des membres du comité et la revue de littérature présentée à la section suivante. Un sondage a été soumis aux membres du comité et les poids relatifs des critères et des IQMN ont été attribués en fonction des résultats obtenus par ce sondage.

Les sections suivantes présentent la façon dont les trois services écologiques ont été ciblés, soit la protection de la biodiversité, la protection de la qualité de l'eau de surface et souterraine ainsi que la valorisation des paysages et des activités récréatives. Ensuite, chacun des critères sélectionnés pour le calcul des trois IQMN a été exposé et justifié (tableau de l'annexe B). Les étapes d'analyses géomatiques menant aux résultats cartographiques (cartes 1 à 5 de l'annexe C) sont, quant à elles, présentées à la section 5.

3.1 Sélection des services écologiques valorisés

La connectivité structurelle vise à favoriser la conservation d'une trame de milieux naturels en lien avec les services écologiques qu'ils procurent. Les services écologiques résultent des processus écologiques qui se produisent dans les écosystèmes et dont bénéficient directement ou indirectement les humains (Limoges, 2009). Bien que le nombre de ces services puisse varier, le CRECQ (2014) en a identifié 22 types, basés sur les travaux de l'*Évaluation des écosystèmes pour le millénaire* (2005). Ces derniers se regroupent en quatre catégories que sont : 1) les services de régulation; 2) les services d'approvisionnement; 3) les services ontogéniques; 4) les services socioculturels (tableau 2).

La plupart de ces services écologiques sont difficilement évaluables et quantifiables à partir des données sources utilisées dans le cadre du présent mandat. Considérant ces limites méthodologiques, trois principales catégories de services écologiques basées sur les orientations du PMAD ont été retenues pour l'élaboration de la matrice de résistance. De plus, le choix judicieux des critères doit refléter les priorités des organisations concernées.

Les catégories de services écologiques retenues sont :

- La protection de la biodiversité;
- La protection de la qualité de l'eau de surface et souterraine;
- La valorisation des paysages et des activités récréatives.

Tableau 2 : Catégories de services écologiques

Services de régulation	Services d'approvisionnement	Services ontogéniques	Services socioculturels
• Régulation du climat • Réduction des maladies, des déprédateurs et des odeurs • Purification de l'eau et de l'air • Contrôle de l'érosion et des inondations • Pollinisation • Dispersion des semences	• Nourriture • Eau douce • Combustible • Fibre • Espèces ornementales • Animaux de compagnie • Éléments biochimiques • Ressources génériques	• Développement du système immunitaire • Épanouissement humain	• Spiritualité • Récréation et tourisme • Esthétisme • Éducation et inspiration • Sens d'appartenance • Patrimoine culturel

Adapté de l'Évaluation des écosystèmes du millénaire, 2005.

3.2 IQMN - biodiversité

La CMQ a publié, en collaboration avec CNC, une étude portant sur l'identification des milieux naturels d'intérêt pour la biodiversité qui composent son territoire, afin d'alimenter le concept de trame verte et bleue et d'alimenter les stratégies de conservation (CMQ et CNCN, 2015). Cette étude présente les résultats de la valeur écologique des milieux naturels en lien avec la biodiversité selon diverses analyses utilisant des filtres grossiers et fins ainsi qu'une approche multicritère par maille (pixel de 5 ha).

Étant donné que le niveau de précision recherché pour l'identification des corridors est supérieur, les résultats de cette étude n'ont pas pu être utilisés tels quels. Toutefois, plusieurs critères de pondération des milieux naturels ont été repris dans l'analyse. Les critères pour l'évaluation de l'IQMN envers la biodiversité ont notamment été regroupés en deux sous-catégories, soit les « éléments d'intérêt » et « les fonctions écologiques » (annexe B; carte 2, annexe C).

3.2.1 Éléments d'intérêt

Les éléments d'intérêt des milieux naturels pour la biodiversité ont été caractérisés en fonction de la présence de forêt mature, d'espèces fauniques et floristiques à statut ou bien de milieux naturels protégés ou valorisés par les schémas d'aménagement des MRC. Contrairement à l'étude de la CMQ et CNC (2015), le caractère irremplaçable des peuplements forestiers n'a pas été pris en compte dans l'analyse.

En effet, le résultat de cette analyse statistique ne permettait pas de discriminer ces milieux les uns par rapport aux autres, puisque la majorité d'entre eux sont considérés irremplaçables.

Maturité du peuplement et de l'association végétale

La date de la dernière perturbation de grande échelle, comme un feu ou une coupe forestière, est généralement acceptée par la communauté scientifique comme étant un facteur de grande influence sur la composition d'une forêt et sur la complexité de sa structure (SCF, 2011). Il est reconnu que les forêts anciennes ont une diversité, une complexité et une biodiversité structurelle accrue par rapport aux forêts jeunes. Elles offrent une qualité et une diversité importante de microhabitats. La maturité des milieux forestiers a été évaluée en fonction de quatre classes d'âge, soit : « vielle forêt », « forêt mature », « forêt jeune » et « friche ».

Il est aussi reconnu que les milieux naturels maintenus au niveau de la strate herbacée ou arbustive, en raison de diverses activités anthropiques comme l'agriculture ou encore le débroussaillage des lignes de transport d'énergie, sont également des sites à valeur ajoutée pour la biodiversité. Par exemple, de nombreuses espèces d'oiseaux ou bien d'insectes sont associées à ces milieux ouverts, mais dépendent néanmoins de l'activité humaine pour le maintien de la qualité de leurs habitats. Le territoire à l'étude se situe dans la zone de végétation tempérée nordique, plus précisément dans le sous-domaine de l'érablière à tilleul de l'Est (Saucier *et al.*, 2011). Dans cette région, il est raisonnable d'émettre l'hypothèse qu'un site anthropique terrestre laissé à l'abandon tendra vers un milieu forestier en équilibre, à la suite des différents stades de succession végétale. C'est pourquoi les boisés ont été considérés avec une meilleure valeur pour la biodiversité et un pointage supérieur que les friches, les terres en culture ou encore les lignes de transport d'énergie.

Présence d'espèce à statut précaire

À ce jour, 585 espèces de la flore indigène et 153 espèces fauniques ont été désignées menacées, vulnérables ou susceptibles de l'être au Québec. Les espèces considérées « menacées » se trouvent dans une situation extrêmement précaire. La taille de leur population ou de leur aire de répartition, ou les deux à la fois, sont restreintes ou sont grandement diminuées. Les espèces dites « vulnérables » sont des espèces dont la survie est précaire et non assurée, à moyen et long terme, si aucune mesure de protection n'est prise. Enfin, les espèces susceptibles d'être désignées « menacées ou vulnérables » (ESMV) sont des espèces sensibles à leur milieu et faisant l'objet d'un suivi particulier. Cette désignation s'appuie sur les données actuellement disponibles relativement à la taxinomie et à la répartition des espèces sur le territoire. La qualité des milieux naturels pour le maintien de la biodiversité a été évaluée en fonction de la présence connue d'une espèce à statut précaire.

Présence d'un milieu naturel protégé et valorisé

La qualité des milieux naturels, pour le maintien de la biodiversité, a aussi été évaluée en fonction de la présence d'une aire protégée reconnue ou bien projetée ainsi que des secteurs naturels d'intérêt local valorisés par les schémas d'aménagement et de développement (SAD) des MRC.

Aujourd'hui, le Québec possède un réseau d'aires protégées qui utilise 32 désignations juridiques ou administratives différentes.

Ces aires protégées couvrent un large spectre, allant des réserves écologiques aux parcs nationaux, en passant par les réserves de biodiversité et aquatiques, les habitats fauniques, les réserves nationales de faune et les milieux naturels en terres privées voués à la conservation. Une « aire protégée », selon la *Loi sur la conservation et le patrimoine naturel du Québec (LCPN),* est un territoire en milieu terrestre ou aquatique, géographiquement délimité, dont l'encadrement juridique et l'administration visent spécifiquement à assurer la protection et le maintien de la diversité biologique et des ressources naturelles et culturelles associées.

Dans leur SAD, les MRC ont l'obligation d'identifier les milieux naturels d'intérêt, présents sur leur territoire, en vue d'orienter leur gestion à l'aide d'outils réglementaires. Dans certains cas, ces milieux sont désignés comme tels à l'intérieur de grandes affectations du territoire.

Les milieux naturels protégés au niveau national (aires protégées) se sont vus attribuer un pointage supérieur à celui des milieux valorisés au niveau local (SAD).

3.2.2 Fonction écologique

Les fonctions écologiques des milieux naturels pour le maintien de la biodiversité ont été caractérisées selon la superficie du milieu naturel d'intérieur, le niveau d'intérêt des milieux humides pour la biodiversité et l'indice de proximité et de connectivité des milieux naturels.

Superficie du milieu naturel d'intérieur

La biodiversité d'un habitat forestier dépend non seulement de sa superficie, mais aussi de la forme de l'îlot boisé. Ces habitats sont importants pour le maintien des espèces dites « d'intérieur des forêts » qui sont sensibles aux effets de bordure. Par exemple, il existe une catégorie d'oiseaux forestiers qui se reproduit strictement dans des îlots forestiers relativement grands, à l'intérieur desquels les effets de bordure se font moins ressentir (EC, 2004 et 2007). À l'inverse, d'autres espèces dites « généralistes » occupent davantage les habitats de bordure (écotone).

À la différence de l'étude de la CMQ et CNC (2015), cette notion a été élargie à l'ensemble des milieux naturels terrestres, qu'ils soient fermés ou ouverts. Cette approche méthodologique a été envisagée afin de considérer également les habitats d'intérieur formés par les grandes tourbières telles que la Grande plée Bleue à Lévis. Ces milieux ouverts sont eux aussi tout à fait intéressants, notamment en ce qui a trait à certaines espèces d'oiseaux, comme la Paruline à couronne rousse (*Setophaga palmarum*).

En résumé, les habitats naturels de forme carrée ou circulaire offrent un maximum d'espace vital aux espèces d'intérieur, alors que les habitats de dimensions similaires, mais de forme linéaire ou irrégulière, offrent peu ou pas de ces espaces. Pour les besoins de l'étude, les superficies d'intérieur des peuplements forestiers ont été comptabilisées et classifiées selon l'étude de la CMQ et CNC (2015). La dimension spatiale des milieux naturels a été évaluée en fonction de la quantité d'habitats d'intérieur qu'ils procurent.

Milieux humides d'intérêt pour la biodiversité

Dans son étude, la CMQ (2015) a évalué le niveau d'intérêt des milieux humides pour la biodiversité selon deux classes, soit modéré et élevé. La valeur de cet indice a été déterminée en fonction du type d'écosystème, de la valeur d'irremplaçable et de la contribution de l'écosystème à un objectif de représentation de 20 %.

Proximité et connectivité des milieux naturels

Le type, la superficie et l'organisation spatiale des habitats influencent le déplacement des espèces et, ultimement, la dynamique des populations et la structure des communautés (Taylor *et al*., 2006). La connectivité entre les milieux naturels joue plusieurs rôles sur le plan écologique, dont celui de couloir de dispersion (journalier ou saisonnier) pour certaines espèces, favorisant ainsi le maintien des échanges génétiques entre les populations fauniques et floristiques (Duchesne *et al*., 1999; Tewkesbury *et al*., 2002). La fragmentation des habitats réduit les déplacements et les échanges entre les différentes populations qui se retrouvent isolées, ce qui contribue à leur déclin (Gonzalez et coll., 1998).

Ce critère évalue la proximité et la connectivité des fragments de milieux naturels les uns avec les autres. La proximité a été évaluée en regroupant tous les milieux naturels terrestres et aquatiques, distants de moins de 20 mètres. Ce critère a ensuite été évalué en comparant la superficie des complexes de milieux naturels ainsi identifiés. Plus la superficie des milieux naturels connectés est élevée, meilleure sera la qualité de ces milieux dans le maintien de la biodiversité.

3.3 IQMN pour la qualité de l'eau

Les critères pour l'évaluation de l'IQMN en lien avec le maintien de la qualité de l'eau ont été regroupés en deux sous-catégories, soit l'eau de surface et l'eau souterraine (annexe B; carte 3, annexe C).

3.3.1 Eau de surface

La qualité des milieux naturels en lien avec la protection des eaux de surface a été évaluée en considérant plusieurs aspects dont, la présence de bande riveraine, le niveau de dégradation des bassins versants, la présence de boisé en pente dans les bassins versants dégradés, les bassins versants des prises d'eau potable ainsi que la capacité de rétention des milieux humides.

Présence de bande riveraine

Les milieux riverains sont des milieux naturels de très haute importance puisqu'ils assurent la transition entre les écosystèmes aquatiques et terrestres, essentiels au maintien de la qualité des cours d'eau. En effet, les rives boisées constituent à la fois un écran face au réchauffement excessif de l'eau, une barrière contre les apports de sédiments vers le plan d'eau, un rempart contre l'érosion des sols et des rives, un filtre contre la pollution de l'eau et un brise-vent naturel (Gagnon et Ganga, 2007; MDDELCC, 2015).

Valeur de conservation des milieux naturels selon la dégradation des bassins versants

Dans son guide de gestion des eaux pluviales, le MDDEFP et le MAMROT (2014) examinent les principaux impacts hydrologiques associés à une urbanisation du territoire. Selon eux, le pourcentage d'imperméabilisation d'un bassin versant est un bon indicateur général pour analyser les impacts sur l'érosion, la qualité des cours d'eau et indirectement la biodiversité aquatique. Plusieurs études ont démontré une corrélation significative entre ces effets négatifs et le pourcentage imperméable des bassins versants (Stephens *et al*., 2002; Scheler, 2008). Par exemple, Scheler (2008), indique que des impacts sont visibles à partir de 10 % d'imperméabilisation et que les habitats peuvent se dégrader de façon importante entre 25 % et 60 % d'imperméabilisation, devenant non viables pour la plupart des espèces de poissons et affectant la biodiversité (figure 5).

Globalement, les impacts de l'urbanisation touchent les aspects tant quantitatifs (débit de pointe et d'étiage, inondation, vitesse d'écoulement), que qualitatifs (quantité de matière en suspension, polluant, température de l'eau), ce qui a évidemment un effet sur la morphologie des cours d'eau qui agissent comme milieu récepteur et la qualité des habitats dans ces milieux.

Pour ces raisons, la valeur de conservation des milieux naturels a été jugée plus élevée à l'intérieur des bassins versants dégradés, présentant un fort pourcentage d'urbanisation.

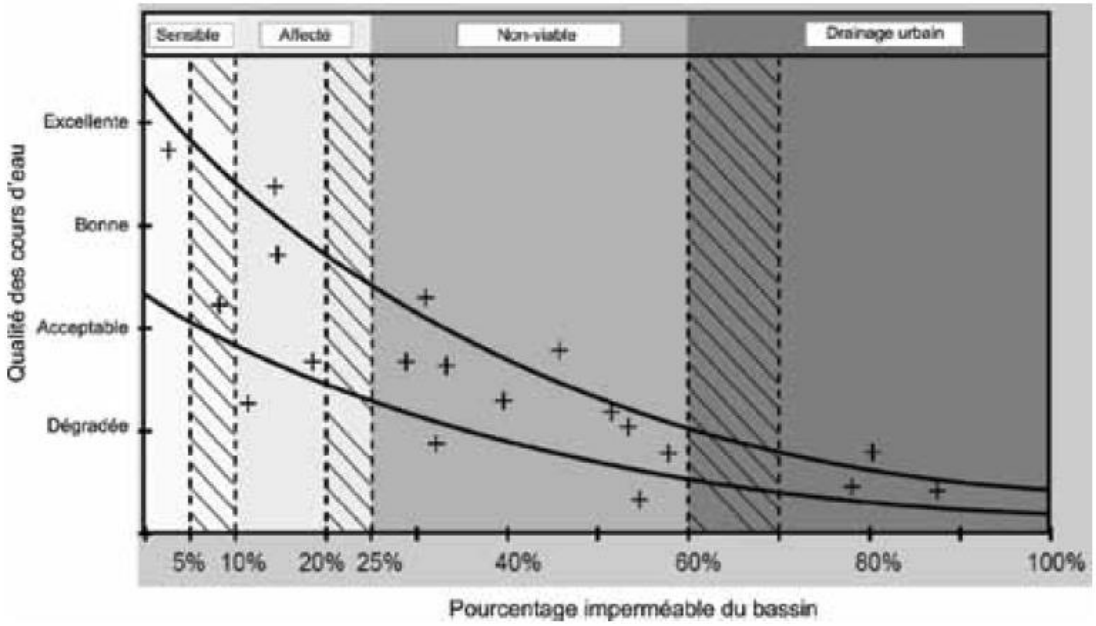


Figure 5 : Relation entre le pourcentage de couvert imperméable et la qualité des cours d'eau (adapté de Scheler, 2008)

Présence de boisé en pente dans les bassins versants dégradés et de prises d'eau potable

Le développement en fortes pentes, pouvant occasionner le déboisement et la modification de la topographie, est responsable de l'apport de grandes quantités de sédiments vers les cours d'eau, ce qui a un impact direct sur la qualité de l'eau de surface (Pitt *et al*., 2007; OBV de la Capitale Nationale, 2016).

Dans le nord du territoire à l'étude, les pentes sont généralement très prononcées, notamment en amont de plusieurs prises d'eau potable. C'est pourquoi la CMQ a adopté des règlements visant à limiter les interventions humaines dans les bassins versants des prises d'eau de la Ville de Québec installées dans la rivière Saint-Charles et la rivière Montmorency. De plus, la CMQ prévoit l'élaboration d'un plan d'action et de nouvelles mesures de protection des bassins versants de prises d'eau potable dans le cadre de la révision du PMAD.

Pour ces raisons, la valeur de conservation des milieux naturels a été évaluée selon l'inclinaison de leur pente, pour les bassins avec prise d'eau potable ainsi que les bassins fortement dégradés des rivières Beauport et du Moulin. Plus la pente est forte, plus la valeur de conservation est élevée.

Capacité de rétention des milieux humides

Grâce à leurs fonctions et aux ressources qu'ils abritent, les milieux humides fournissent des biens et services écologiques à l'ensemble de la population, en contribuant au bon état général de l'eau et à la qualité de l'environnement (Chevasses-au-Louis *et al.*, 2009). Parmi les biens et les services écologiques reconnus, les milieux humides jouent un rôle important dans la prévention des catastrophes naturelles, notamment grâce à leur capacité de rétention des eaux. Ce critère n'est cependant pas évident à évaluer, notamment par le fait que la présence d'eau évolue selon les saisons (Joly *et al*., 2008). Malgré tout, la présence de tourbe est considérée comme un bon indicateur puisque ces sols, agissants comme de véritables éponges, augmentent assurément la capacité d'emmagasinement de l'eau par le milieu. La proportion en eau libre est également utilisée pour évaluer la capacité de rétention des milieux humides.

De façon générale, il est reconnu qu'une tourbière permet de réduire les risques d'inondations et le ruissellement de l'eau excédentaire en période de crue. Les tourbières jouent donc un rôle tampon dans le système hydrologique et hydrogéologique d'un bassin versant (Avar *et al*., 2013). Par ailleurs, la capacité d'emmagasinement et la faible conductivité hydraulique de la couche inférieure du dépôt organique permettent d'assurer une contribution en eau au réseau hydrique durant la période d'étiage (Pellerin *et al*., 2008).

Les marécages sont aussi des milieux présentant une certaine capacité de rétention de l'eau, mais dans une moindre mesure que les tourbières. En effet, selon leur classification provinciale (Bagage *et al*., 2015), ces milieux présentent au maximum 30 cm de tourbe et leur caractère forestier indique qu'ils sont relativement exondés durant la saison estivale pour permettre la croissance des arbres.

Les marais, quant à eux, sont généralement rattaché aux zones fluviales, riveraines et lacustres (Bagage *et al*., 2015) ce qui est le cas de la grande majorité des marais présents sur le territoire de la CMQ. Le niveau d'eau de ces milieux varie, alors, selon les marées du fleuve Saint-Laurent et les inondations saisonnières des cours d'eau et des plans d'eau. Les marais jouent un rôle plutôt passif dans la régulation de ces phénomènes étant localisés à même le littoral des cours d'eau et des plans d'eau. C'est pourquoi seuls les tourbières et les marécages, présentant une capacité de rétention des eaux et disséminés dans le bassin versant en amont des cours d'eau, ont été considérés dans le traitement de ce critère.

3.3.2 Eau souterraine

La qualité des milieux naturels en lien avec la protection de l'eau souterraine a été évaluée selon la vulnérabilité des aquifères calculés par la méthode DRASTIC. Cette méthode prend en compte les sept paramètres suivants : 1) la profondeur de l'aquifère; 2) la recharge; 3) le milieu; 4) le type de sol; 5) la pente; 6) l'impact de la zone vadose[1]; 7) la conductivité hydraulique de l'aquifère (Aller et coll., 1987). Une carte de vulnérabilité intrinsèque DRASTIC ainsi produite permet d'identifier les zones les plus vulnérables à la contamination et de fournir un outil d'aide à la prise de décisions pour aménager le territoire, tout en protégeant la ressource en eau souterraine (Talbot Poulin *et al*., 2013). Plus l'indice DRASTIC est élevé, plus l'aquifère sous-jacent est vulnérable et nécessite alors une attention particulière pour la conservation.

Les données brutes utilisées pour ce critère sont tirées des résultats du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la CMQ (Talbot *et al*., 2013) et de la région Chaudière-Appalaches (Lefebvre *et al*., 2015). Ces données ont été classées selon la méthode des quantiles.

3.4 IQMN – pour les paysages et les activités récréatives

Les critères pour l'évaluation de l'IQMN en lien avec la qualité de vie ont été regroupés en deux sous-catégories, soit l'esthétisme du paysage et les activités récréatives.

3.4.1 Esthétisme du paysage

La qualité des milieux naturels en lien avec l'esthétisme du paysage a été évaluée selon l'intérêt des unités de paysage de la CMQ, des paysages terrestres et aquatiques valorisés aux niveaux local et métropolitain, ainsi que par la fréquence de visibilité des milieux naturels à partir du fleuve (annexe B; carte 4, annexe C).

Valorisation des unités de paysage de la CMQ

Dans le cadre de l'Atlas des unités de paysage de la CMQ (DAA, 2008), 139 unités de paysage distinctes et à caractère identitaire ont été identifiées sur son territoire. Cette étude découle d'une préoccupation pour l'aménagement du territoire de la région métropolitaine, particulièrement afin d'éviter une uniformisation des paysages et d'en protéger les qualités. La qualité des milieux naturels constituant chacune des unités de paysage a été évaluée en fonction de leurs intérêts croissants « local », « supra-local » et « métropolitain » (DAA, 2008; CMQ, 2013).

Paysages terrestres valorisés au niveau local des MRC

La contribution des milieux naturels envers la qualité du paysage a aussi été évaluée en fonction de la présence de territoires d'intérêt esthétique valorisés par les schémas d'aménagement et de développement des MRC. Dans leur SAD, les MRC ont l'obligation d'identifier les paysages d'intérêt visuel présents sur leur territoire en vue d'orienter leur gestion à l'aide d'outils réglementaires. Ces paysages sont les crans rocheux et les falaises sur le territoire de la Ville de Lévis, les boisés et les falaises de l'Île d'Orléans, le

[1] La zone vadose est une zone où les cavités contiennent principalement de l'air avec un peu d'eau. Elle se situe à l'interface entre l'atmosphère/pédosphère et la nappe phréatique (Bourque et Université Laval, 2010).

parc de la rivière Sainte-Anne dans la MRC de Côte-de-Beaupré, la marina de Saint-Michel ainsi que les chutes du ruisseau Saint-Claude et du ruisseau Mailloux dans la MRC de Bellechasse.

Les paysages riverains sont également valorisés dans les SAD. Ces derniers ont été pris en considération dans les critères suivants.

Rivières et plans d'eau d'intérêt aux niveaux métropolitain et local

La CMQ, à l'intérieur du PMAD a identifié les territoires d'intérêt esthétique au niveau métropolitain (stratégie 9 et annexe 5) (CMQ, 2013). Les rivières d'intérêt identifiées étaient les rivières Jacques-Cartier, Cap-Rouge, Saint-Charles, du Berger, Beauport, Montmorency, Sainte-Anne-du-Nord, Beaurivage, Chaudière, Etchemin, sans oublier le fleuve Saint-Laurent. Quant à eux, les plans d'eau d'intérêt étaient les lacs Saint-Charles, Saint-Joseph, Beauport et Saint-Augustin.

Rivières valorisées au niveau local des MRC

Lors de la période de consultation des MRC partenaires, ces dernières ont fait part de leur intérêt à inclure dans l'analyse certaines rivières présentant une valeur esthétique sur leur territoire. Il s'agit des cours d'eau Ferrée, Petit-Pré, Cazeau, Lemoine, Sault-à-la-Puce, aux Chiens, Jean-Larose et Lombrette dans la MRC de Côte-de-Beaupré; à la Scie, Pénin, des cours d'eau Couture, Aulneuse, Beaurivage, Cantin, Rouge, Lallemand, Saint-Michel et Terrebonne dans la ville de Lévis; ainsi que la rivière Boyer dans la MRC de Bellechasse. Ces rivières d'intérêt, davantage local, ont alors été évaluées avec un pointage moindre que les rivières et les plans d'eau d'intérêt métropolitain.

Fréquence de visibilité à partir du fleuve Saint-Laurent

La stratégie 10 du PMAD signifie l'importance à accorder à la protection et à la mise en valeur des bassins visuels qui encadrent le fleuve (CMQ, 2013). Le PMAD présente une délimitation à trois niveaux des bassins visuels qui encadrent le fleuve selon l'étendue et la portée des vues, soit : rapprochée, intermédiaire et éloignée. Les milieux naturels et anthropiques (agricole et ligne de transport d'énergie), structurant les paysages le long du fleuve, ont donc été évalués selon une analyse de fréquence de visibilité fournie par la CMQ.

3.4.2 Activité récréative

La qualité des milieux naturels en lien avec les activités récréatives a été évaluée en fonction de la présence de parcs naturels à vocation récréative. Il existe, sur le territoire de la CMQ, un grand nombre de territoires et de sites à caractère naturel dédiés à la récréation. Dans le cadre de cette étude, les grands incontournables ont été sélectionnés en raison de leur envergure et de leur fréquentation actuelle. Ceux-ci sont le parc de la Jacques-Cartier, la réserve nationale de faune du Cap-Tourmente, le projet de réserve de biodiversité du Cap Brulé (TNO de Sault-Au-Cochon), la station écotouristique Duchesnay, la station touristique Mont Sainte-Anne, le parc de la forêt ancienne du mont Wright, la station touristique Stoneham, les Sentiers du moulin et le secteur récréotouristique Wendake. Par ailleurs, de nombreux parcs naturels urbains, de taille plus petite, sont valorisés par leur accessibilité et les activités récréatives qui s'y pratiquent. Cette couche d'informations, comprenant la localisation de l'ensemble des parcs boisés urbains sur son territoire, a été fournie par la CMQ.

3.5 Poids relatif des IQMN et de leurs critères

Pour la suite de l'analyse, un poids relatif a été attribué aux trois IQMN ainsi qu'aux critères qui les composent. Cette étape était nécessaire pour le calcul de l'indice de qualité générale des milieux naturels, soit la somme pondérée des IQMN. Ce résultat, présenté sous la forme d'une matrice de valeur, a été ensuite utilisé comme intrant principal pour l'élaboration de la matrice de résistance, puis la modélisation des corridors. Les détails de ces étapes d'analyses géomatiques sont présentés à la section 5.

Pour ce faire, un sondage basé sur la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process) (Saaty, 1980), a été transmis au comité de travail de la CMQ et ses partenaires. Le résultat de ce sondage a permis d'évaluer l'importance relative de chacun des critères ainsi que des trois IQMN. Les résultats du sondage sont présentés au tableau 3. Toutes les réponses reçues des membres du comité de travail sont cohérentes. En effet, les indices de confiance pour le poids des « catégories d'IQMN » et des « sous-catégories de IQMN » sont de l'ordre de 85 %.

Le poids relatif total consiste à l'importance théorique de chacun des critères et permet d'illustrer la participation d'un critère à la somme, si l'ensemble des critères obtiennent un pointage maximal.

Tableau 3 : Poids relatif des critères issus du sondage des membres du comité de travail

Catégorie de service écologique	Sous-catégorie de service écologique	Critère	Nombre réponse	Somme des points	Moyenne	Poids relatif (%)	Poids relatif total* (%)
Biodiversité (45 %)	**Élément d'intérêt (37 %)**	Maturité du peuplement forestier	9	18	2,0	28	4,7
		Présence d'espèces à statut	9	23	2,6	35	5,8
		Présence de milieux naturels protégés et d'intérêt	9	24	2,7	37	6,2
	Fonction écologique (63 %)	Superficie du milieu naturel intérieur	9	20	2,2	31	8,8
		Milieux humides d'intérêt pour la biodiversité identifiés par l'étude de la CMQ	9	22	2,4	34	9,6
		Proximité et connectivité	9	23	2,6	35	9,9
Qualité de l'eau (32 %)	**Eau de surface (66 %)**	Présence de bande riveraine	8	20	2,5	26	5,5
		Dégradation des bassins versants et valeur de conservation des milieux naturels	7	17	2,4	25	5,3
		Capacité de rétention des milieux humides	8	18	2,3	23	4,9
		Milieux naturels (boisés) en pente dans les bassins versants dégradés	7	17	2,4	25	5,3
	Eau souterraine (34 %)	Indice « drastique »	5	12	2,4	100	5,4
Paysage et activité récréative (23 %)	**Esthétique et paysage (68 %)**	Hiérarchisation des unités de paysage de la CMQ	8	17	2,1	20	3,1
		Paysages valorisés au niveau des MRC	8	19	2,4	22	3,4
		Rivières d'intérêt	8	20	2,5	23	3,4
		Plans d'eau à valeur esthétique	8	17	2,1	20	3,1
		Bassins de visibilité	8	14	1,8	16	2,5
	Activités récréatives (32 %)	Éléments valorisés par leur accès et les activités récréatives	8	15	1,9	100	1,8

*Poids relatif calculé à partir d'un pointage maximum pour tous les critères.

4. Identification des pôles de connectivité

Les pôles de connectivité ont été identifiés avant de démarrer le processus de sélection des corridors écologiques à l'aide de l'outil SIG. Selon la méthode préconisée par la CMQ, leur contour peut être délimité de manière visuelle (parcs régionaux, aires protégées, etc.) ou bien dépendamment des résultats d'une analyse multicritère, tel que l'indice de qualité des milieux naturels (CRECQ, 2014).

L'identification des corridors dans le cadre de ce mandat s'accorde avec les objectifs de la trame verte et bleue, soit la « *mise en réseau de milieux naturels et récréatifs contribuant… à la qualité des milieux de vie et à la protection des milieux naturels du territoire. Elle contribuera par le fait même aux efforts régionaux de protection des sources d'eau en valorisant la conservation des milieux naturels dans les bassins de prises d'eau potable.* » (CMQ, 2017). Le choix des pôles de connectivité s'est alors basé, dans un premier temps, sur le schéma d'organisation de la trame verte et bleue métropolitaine pour identifier les sept parcs et espaces naturels d'intérêt métropolitain, soit la station touristique Duchesnay, le parc de la Jacques-Cartier, la réserve nationale de faune du Cap-Tourmente, le parc naturel du Mont Bélair, la Grande plée Bleue de Lévis, la station touristique du Mont Saint-Anne, le parc de la forêt ancienne du Mont Wright, la base de plein air de Sainte-Foy et les Marais du Nord (figure 6). Le contour de ces pôles principaux a été bonifié selon les résultats de la somme des IQMN, afin d'élargir la zone.

Ces pôles de connectivité principaux ont été accompagnés par des pôles secondaires (tableau 4; carte 6, annexe C). Ces derniers ont été sélectionnés parmi les parcs structurants de la CMQ comme, le parc Valéro les Écarts à Lévis, le parc linéaire des rivières Saint-Charles et du Berger, à Québec, etc. ou bien délimités autour de secteurs se démarquant par leur indice de qualité élevé.

En résumé, les deux niveaux de hiérarchisation des pôles qui ont servi à structurer la trame des corridors écologiques sont les suivants :

- Niveau 1 : pôles principaux correspondant aux parcs naturels d'intérêt métropolitain identifiés dans le schéma d'organisation de la trame verte et bleue;
- Niveau 2A : pôles secondaires constitués de parcs ou de secteurs présentant des affectations de conservation (exemple : parc des Saules à Québec, le parc Pointe de la Martinière à Lévis);
- Niveau 2B : pôles secondaires constitués de secteurs se démarquant par un indice de qualité des milieux naturels élevé à leur endroit (exemple : les tourbières de Shannon ou de Lévis).

La sélection des pôles de connectivité a été soumise au comité de travail de la CMQ, pour approbation, avant de démarrer les étapes techniques en géomatique pour l'identification des corridors écologiques.

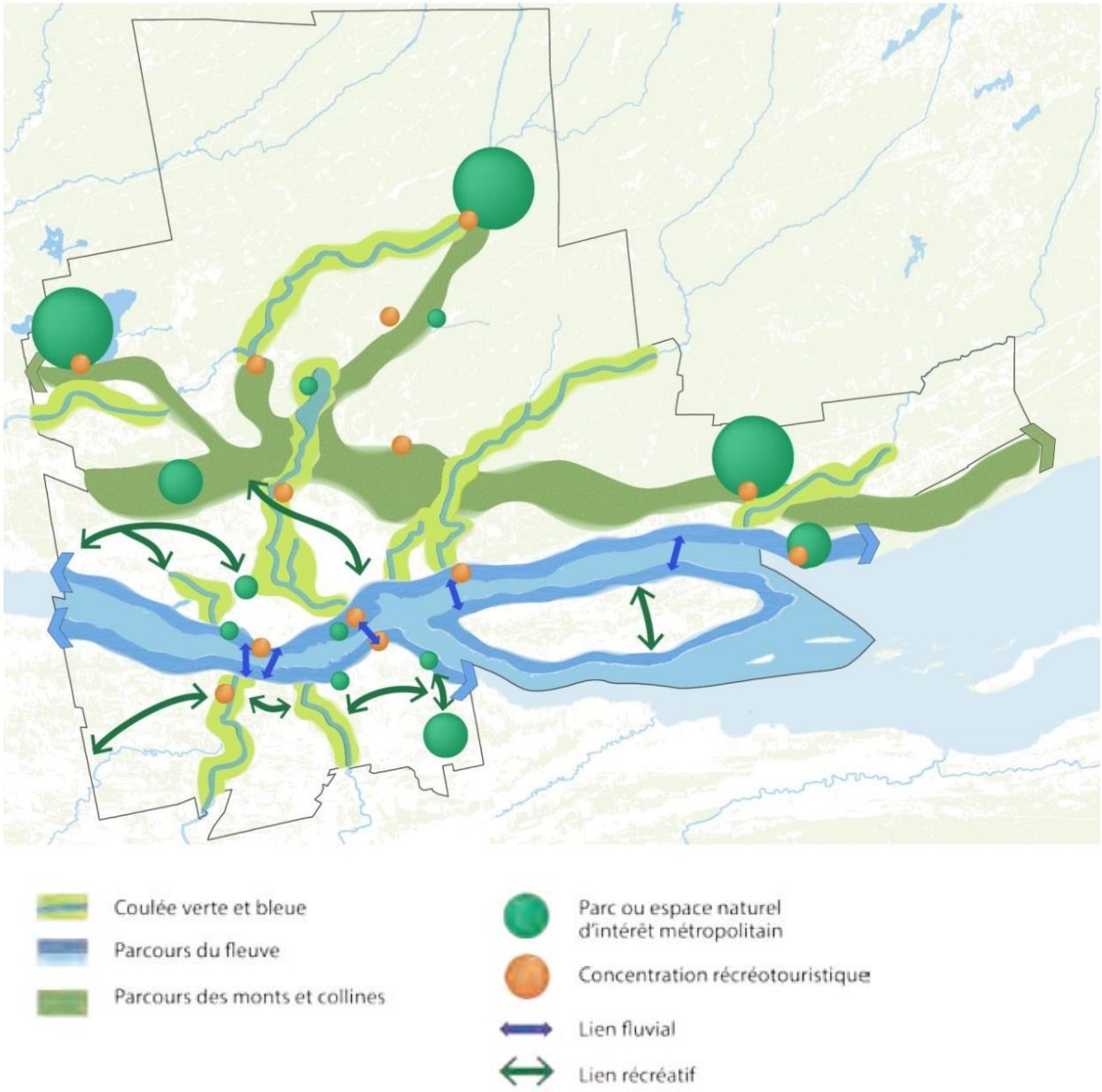


Figure 6 : Schéma de l'organisation spatiale de la Trame verte et bleue métropolitaine et de ses éléments structurants (tirée de CMQ, 2017)

Tableau 4 : Liste des pôles de connectivité sélectionnés

Identifiant	Toponyme	MRC	Niveau
1	Parc national de la Jacques-Cartier	MRC de la Jacques-Cartier	1
2	Parc du Mont Sainte-Anne	MRC de La Côte-de-Beaupré	1
3	Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente	MRC de La Côte-de-Beaupré	1
4	Mont Wright	MRC de La Jacques-Cartier	1
5	Réserve naturelle des Marais du Nord	Agglomération de Québec et MRC de La Jacques-Cartier	1
6	Station forestière Duchesnay	MRC de La Jacques-Cartier	1
7	Mont Bélair	Agglomération de Québec	1
8	Base de plein air Sainte-Foy	Agglomération de Québec	1
9	Grande plée bleue	Ville de Lévis	1
10	Réserve de biodiversité projetée du Cap-Brûlé	MRC de La Côte-de-Beaupré	2A
11	Corridor de la rivière Sainte-Anne	MRC de La Côte-de-Beaupré	2A
12	Réserve écologique de Tantaré	MRC de La Jacques-Cartier	2A
13	Anse aux Canards - Île d'Orléans	MRC de L'Île-d'Orléans	2A
14	Affectation conservation MRCIO	MRC de L'Île-d'Orléans	2A
15	Affectation conservation MRCIO	MRC de L'Île-d'Orléans	2A
16	Aire de repos pour les oiseaux migrateurs - Anse de Bellechasse	MRC de Bellechasse	2A
17	Tourbière de Shannon	MRC de La Jacques-Cartier	2A
18	Refuge d'oiseaux migrateurs de Saint-Vallier	MRC de Bellechasse	2A
19	Affectation conservation MRCIO	MRC de L'Île-d'Orléans	2A
20	Parc linéaire de la rivière Saint-Charles (partie)	Agglomération de Québec	2A
21	Parc de la Chute-Montmorency	Agglomération de Québec et MRC de La Côte-de-Beaupré	2A
22	Boisé de Sainte-Pétronille	MRC de L'Île-d'Orléans	2A
23	Le complexe humide du chemin de Bélair (élargie)	Agglomération de Québec et MRC de La Jacques-Cartier	2A
24	Lac aux Canards	MRC de Bellechasse	2A
25	Baie de Beauport	Agglomération de Québec	2A
26	Parc de l'Escarpement	Agglomération de Québec	2A
27	Parc Chauveau	Agglomération de Québec	2A
28	Parc régional de la Pointe-De la Martinière	Ville de Lévis	2A
29	Parc des Saules	Agglomération de Québec	2A
30	Parc les Écarts (partie)	Ville de Lévis	2A
31	Ferme Chapais	Ville de Lévis	2A

Tableau 4 : Liste des pôles de connectivité sélectionnés (suite et fin)

Identifiant	Toponyme	MRC	Niveau
32	Parc des sentiers de la rivière du Cap Rouge, secteur du Vieux-Cap-Rouge	Agglomération de Québec	2A
33	Parc de la Plage-Jacques-Cartier et falaise du promontoire de Québec, secteur du sentier des Grèves	Agglomération de Québec	2A
34	Parc de la rivière Etchemin	Ville de Lévis	2A
35	Centre de ski de fond les Grandes-Prairies (partie)	Ville de Lévis	2A
36	Réserve naturelle des Battures de Saint-Augustin-de-Desmaures	Agglomération de Québec	2A
37	Parc de la rivière Chaudière	Ville de Lévis	2A
38	Anse Ross	Ville de Lévis	2A
39	Complexe de milieux humides de la vallée de Saint-Tite-des-Caps	MRC de La Côte-de-Beaupré	2B
40	Milieux humides et boisés de Château-Richer et de L'Ange-Gardien	MRC de La Côte-de-Beaupré	2B
41	Tourbière du lac de la Savane	Agglomération de Québec et MRC de La Jacques-Cartier	2B
42	Tourbière boisée du Coteau de L'Ange-Gardien	MRC de La Côte-de-Beaupré	2B
43	Secteur nord-est de l'Arrondissement Beauport (vulnérabilité des aquifères)	Agglomération de Québec	2B
44	Secteur de la rivière des Sept Ponts	Agglomération de Québec	2B
45	Complexe de tourbières des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Saint-Gabriel et base militaire	MRC de La Jacques-Cartier	2B
46	Complexes de milieux humides des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Shannon et Sainte-Catherine	MRC de La Jacques-Cartier	2B
47	Complexe humide Laurentien	Agglomération de Québec	2B
48	Marécage du bout de la route de l'Aéroport	Agglomération de Québec	2B
49	Complexe de milieux humides des buttes du Capsa	Agglomération de Québec	2B
50	Tourbière Sainte-Hélène	Ville de Lévis	2B
51	Complexe de milieux humides – Plaines de Saint-Rédempteur	Ville de Lévis	2B
52	Complexe de milieux humides – Buttes de la route des Caps	Ville de Lévis	2B
53	Tourbière de l'Embarras	Ville de Lévis	2B
54	Complexe de milieux humides – Buttes des terres rouges de Saint-Nicolas	Ville de Lévis	2B
55	Complexe de milieux humides de Pointe-Saint-Gilles	Ville de Lévis	2B

5. Étapes d'analyse géomatique

Des étapes géomatiques sont nécessaires afin de réaliser la modélisation des corridors écologiques. En effet, plusieurs géotraitements ont été réalisés, que ce soit pour la préparation des données ou encore pour le calcul des IQM. La section suivante présente de façon générale les étapes géomatiques nécessaires à la modélisation des corridors soit :

1. Mise à jour de l'occupation des milieux naturels;
2. Élaboration d'un modèle de géotraitement (model builder) pour chacun des critères nécessaires au calcul des IQMN;
3. Transformation des valeurs en format matricielle;
4. Combinaison des couches matricielles (IQMN) selon la pondération et le poids relatif des critères et le groupe de critères et normalisation des données;
5. Élaboration de la matrice de résistance à partir de la sommation des IQMN;
6. Modélisation des corridors.

5.1 Mise à jour de l'occupation des milieux naturels

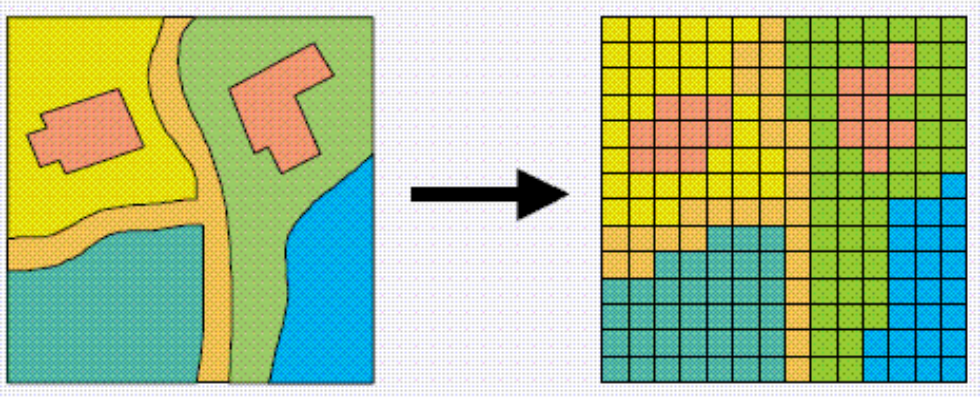
La cartographie des milieux naturels terrestres et aquatiques a été mise à jour à partir des données sources, comme l'occupation du sol (CMQ) et les données écoforestières du MFFP (carte 1, annexe C). Cette combinaison de données a permis d'obtenir une délimitation représentative de ces milieux et ainsi d'augmenter le niveau de précision de l'analyse des corridors. En effet, la prise en compte de l'ensemble des fragments des milieux naturels dans l'analyse assistée du SIG, a permis d'optimiser les possibilités de liens écologiques entre les pôles de connectivité, notamment en trame urbaine.

5.2 Géotraitement des critères

Un ensemble de géotraitements a été élaboré pour chacun des critères composant les IQMN, selon les spécifications présentées au tableau 3 et à l'annexe B. Ces derniers présentent sommairement la méthode géomatique employée afin d'appliquer un pointage aux milieux naturels selon le critère évalué. Pour ce faire, des modèles ont été produits, pour chacun d'entre eux, avec l'outil Model Builder de ArcGIS (version 10,5 de ESRI). Cette méthode rend possibles la modification des paramètres et la reproduction des opérations. Les résultats cartographiques de cette étape sont présentés à l'annexe C, carte 2 à 4.

5.3 Transformation en format matriciel

Les résultats ont ensuite été transformés sous format matriciel, où chaque pixel prend le pointage associé aux milieux naturels pour un critère donné. La transformation en format matriciel est illustrée à la figure 7. Dans le cadre de cette étude, des pixels de 30 m x 30 m ont été utilisés.



http://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/raster-basics.htmlp

Figure 7 : Transformation d'un polygone en format matriciel

5.4 Matrice de sommation des critères

Chacun des IQMN a ensuite été calculé en combinant l'ensemble des fichiers matriciels pour chacun des critères respectifs. Ensuite, une somme pondérée a été calculée en combinant les IQMN pour la biodiversité (45 %), la qualité de l'eau (32 %) ainsi que le paysage et l'activité récréative (23 %) (tableau 3). Chaque pixel correspond donc à la somme des trois IQMN en fonction du poids relatif qui lui a été attribué. La figure 8 illustre la méthode employée pour effectuer cette sommation. Les cartes 2 à 4 (annexe C) présentent les résultats de chacun des IQMN (biodiversité, eau de surface et souterraine ainsi que le paysage et l'activité récréative), alors que la carte 5 présente la somme pondérée des IQMN.



Fichier matriciel 1
Poids de 75 %

Fichier matriciel 2
Poids de 25 %

Résultat arrondi de la sommation des fichiers matriciels

Adapté de ESRI, superposition pondérée disponible au
https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/weighted-overlay.htm

Figure 8 : Exemple de combinaison de fichiers matriciels avec pondération

Les valeurs de fichier matriciel obtenues (somme pondérée des IQMN) ont ensuite été normalisées en utilisant les valeurs minimales et maximales comme points d'ancrage, afin d'étaler les valeurs brutes entre 0 et 100 (Phua et Minowa, 2005, Bernier et Théau, 2013) selon la formule de normalisation de la somme pondérée des IQMN :

$$Ni = \frac{(Ii - Imin)}{(Imax - Imin)} x100$$

où *Ni* est la valeur normalisée entre 0 et 1, *I* est la valeur pour un pixel *i*, *Imin* est la valeur minimale pour l'ensemble des pixels et *Imax* est la valeur maximale.

5.5 Matrice de résistance

Comme mentionné tout au long de l'approche méthodologique, l'utilisation du logiciel Linkage Mapper nécessite l'élaboration d'une couche de données de format matriciel plus communément appelée « matrice de résistance ». Dans le cas de cette analyse, la résistance est inversement proportionnelle à la matrice de sommation des IQMN. La formule utilisée pour le calcul de cette résistance normalisée au carré est la suivante :

$$Ni = (\frac{(Imax - Ii)}{(Imax - Imin)} x100)^2$$

où *Ni* est la valeur normalisée entre 0 et 1, *I* est la valeur pour un pixel *i*, *Imin* est la valeur minimale pour l'ensemble des pixels et *Imax* est la valeur maximale.

Afin de maximiser la sensibilité de l'analyse des corridors, la matrice de résistance a été produite au carré. Les valeurs de résistance s'échelonnent donc entre 0 à 10 000 où les secteurs ayant une faible valeur de somme pondérée d'IQMN telle que les milieux bâtis affichent généralement des valeurs proches de 10 000.

5.6 Modélisation des corridors

La modélisation des corridors se fait à partir du logiciel Linkage Mapper (McRae et Kavanagh, 2011). Pour plus d'informations, l'annexe D présente le guide d'utilisation du logiciel. Le paramétrage utilisé favorise la création d'un maximum d'options de corridors possibles afin d'optimiser le tracé des corridors dans une étape subséquente (McRae et Kavanagh, 2014). La figure 9 montre les paramètres retenus pour cet exercice.

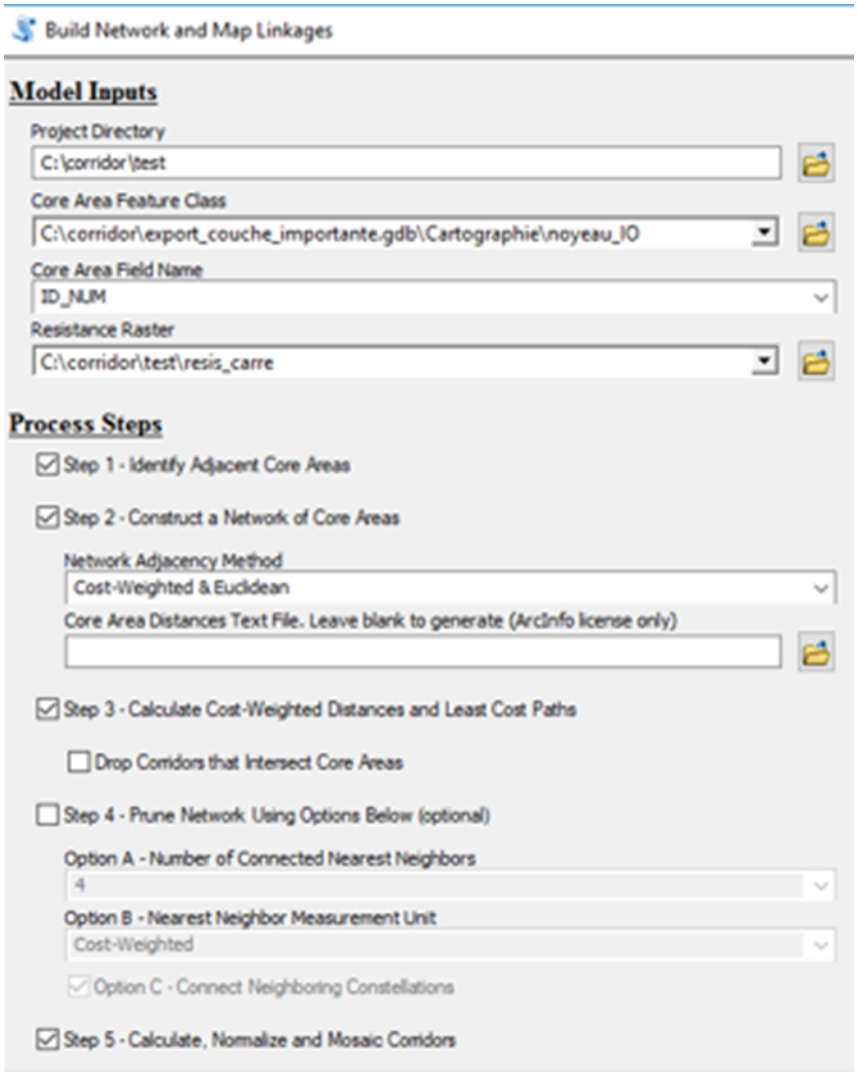


Figure 9 : Paramètres utilisés pour la modélisation des corridors écologiques

6. Optimisation et caractérisation des corridors écologiques

Une étape importante consiste en l'optimisation des résultats afin de bien cibler les corridors optimaux. Certaines étapes sont nécessaires afin de distinguer les corridors optimaux parmi le jeu de données complet. Tel que démontré dans la figure 10, l'ensemble du territoire à l'étude est couvert par des pixels ayant une valeur selon le degré de pertinence du corridor. Dans certaines études, cette étape est appelée « le seuil de réussite » des corridors.

À partir des corridors optimaux, une caractérisation est effectuée afin de comparer les corridors entre eux afin d'atteindre les objectifs fixés. Ces informations sont importantes pour les décideurs au moment de mettre en place de tels corridors à partir des résultats de cette analyse.

6.1 Optimisation des corridors écologiques

L'objectif de cette optimisation consiste à obtenir un seuil de réussite à partir duquel un corridor est accepté. Pour y parvenir, il est nécessaire d'isoler la classe optimale et de fixer une valeur seuil de réussite. Cette étape est effectuée à l'aide de la méthode des bris naturels (méthode de Jenks) en 32 classes, ce qui a permis de cibler les pixels ayant une valeur de 2 000 000 et moins. Cette valeur seuil a permis d'attribuer le potentiel d'élargissement des corridors en permettant par la suite de déterminer avec précision le seuil souhaité pour chacun des corridors. Cette méthode statistique de classification des données, mise au point par M. Georges Jenks et M. Fred Caspall en 1971, permet de réduire la variance intraclasse et de maximiser la variance interclasse (Jenks et Caspall, 1971).

Ce seuil offre autant de possibilités supplémentaires en identifiant de nouveaux axes de corridors tout en conservant un tracé étroit en milieu urbain, typique des sites fortement perturbés où de faibles proportions de milieux naturels sont conservées.

Afin de raffiner davantage le résultat et d'offrir une représentation cartographique adéquate, cette classe a été redécoupée en 20 classes de valeurs égales afin de former un tracé optimal. Pour des fins d'illustration, seuls les corridors des classes 1 à 4 sont représentés sur les cartes et désignés comme corridors de moindre coût, et le potentiel de corridor représente l'ensemble des 20 classes.

En résumé :

- Le chemin de moindre coût correspond au tracé linéaire passant par les pixels de meilleures valeurs (carte 7, annexe C);
- Les classes 1 à 4 composent les corridors de moindre coût;
- Les classes 1 à 20 correspondent au potentiel d'élargissement complet des corridors.

Les milieux bâtis de l'occupation du sol (milieu urbain, route, etc.) ont été retirés afin de ne conserver que les corridors en milieu naturel ou agricole. Cette sélection inclut les parcs urbains et les petits îlots boisés. Cette méthode permet d'illustrer les endroits où le milieu bâti vient couper les corridors écologiques. Les résultats de la modélisation des corridors écologiques après ces étapes d'optimisation sont illustrés à la carte 8 de l'annexe C : *Résultat de la modélisation des corridors de moindre coût et le potentiel d'élargissement*.

Les corridors ont par la suite été présentés aux membres du comité afin d'y apporter des ajustements à certains endroits, en fonction des contextes particuliers au niveau territorial. De façon générale, les membres du comité ont identifié les chemins de moindre coût qui traversent un milieu fortement urbanisé et sur une portion importante du tracé. Par contre, lorsque la distance à franchir en milieu urbanisé était plus courte, le tracé a été conservé afin de relier les milieux naturels suivant la méthode des pas-à-pas. Les membres du comité ne devaient pas considérer la planification du territoire dans cette démarche. Suivant ces critères, les corridors identifiés ont été retirés de l'analyse.

De plus, lorsque possible les membres ont proposé des tracés de substitution aux corridors supprimés. Par contre, les tracés de remplacement devaient se retrouver à l'intérieur des limites du potentiel d'élargissement des corridors déjà établi. Certains membres du comité se sont abstenus d'apporter des modifications à la carte originale, préférant conserver la proposition intacte. Dans tous les cas, les corridors ne doivent pas être appliqués tels quels, ils doivent être adaptés aux réalités locales ainsi qu'aux enjeux de conservation et de mise en œuvre. L'échelle métropolitaine utilisée, la tenure des terres, les plans d'urbanisme, les contraintes et la planification du territoire ne sont pas intégrés à la modélisation et ces éléments viennent limiter l'application des résultats. Les résultats de cette dernière étape d'optimisation sont présentés à la carte 9 de l'annexe C : *Résultat de la modélisation des corridors de moindre coût après l'optimisation*. Tandis que le potentiel d'élargissement des corridors retenus est présenté à la carte 10 de l'annexe C : *Potentiel d'élargissement des corridors.*

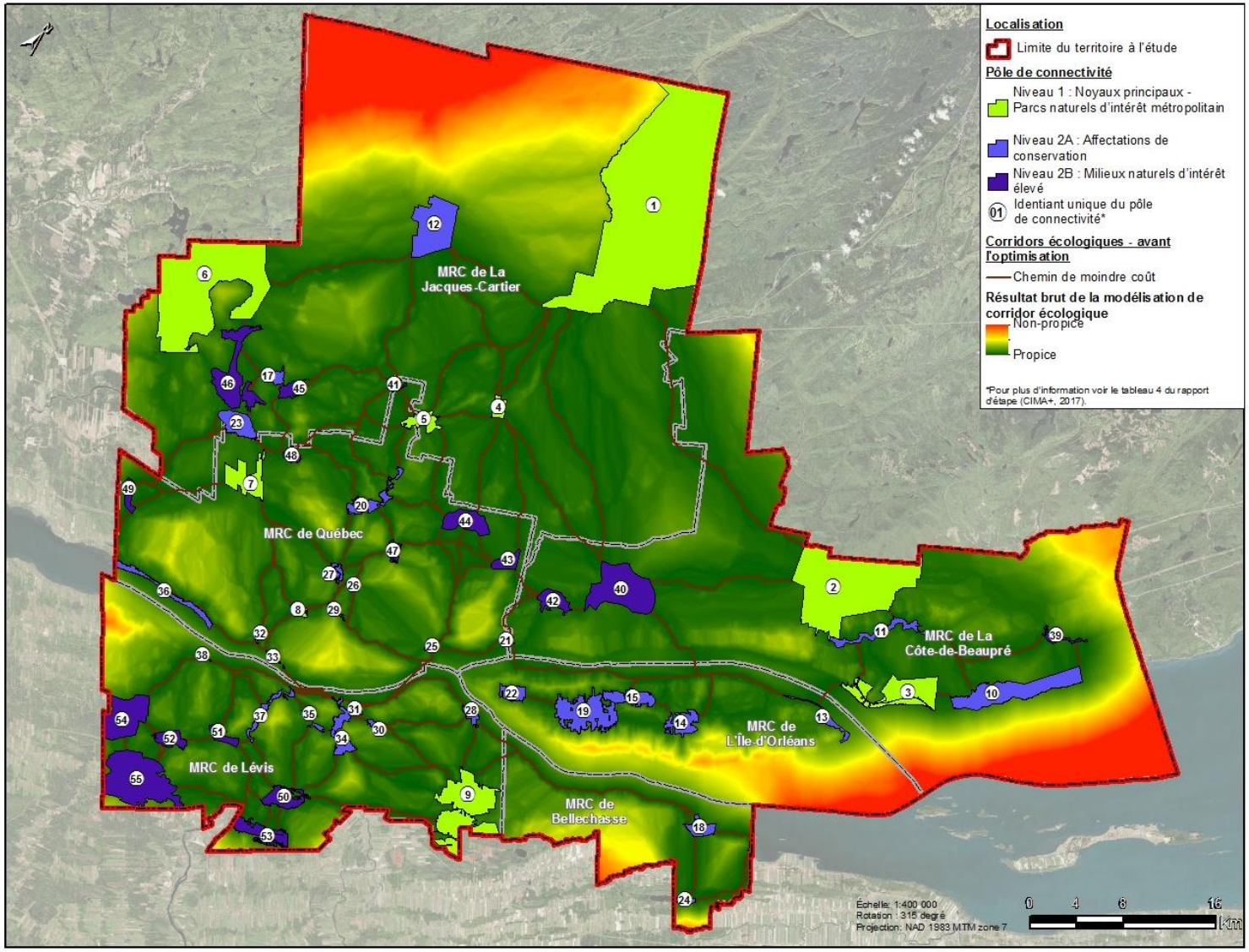


Figure 10 : Résultat brut de l'analyse de corridor écologique

Afin de respecter les choix effectués par les membres du Comité, les corridors qui ne sont pas adjacents aux chemins de moindre coût ont été retirés de la représentation cartographique. Quelques irrégularités ont été observées, telles que des corridors qui nécessitent une déviation du chemin de moindre coût afin de suivre le milieu naturel en place (figure 11). Les chemins de moindre coût ont alors été retracés, lorsque possible, à l'intérieur des limites du potentiel. D'autres chemins de moindre coût traversent sur de longues distances des milieux fortement urbanisés, ceux-ci ont été ciblés par les membres du Comité afin de les retirer. En revanche, le potentiel d'élargissement n'a pas été modifié afin de conserver le plein potentiel des corridors ou des voies alternatives qui pourraient être envisagées.



Figure 11 : Exemple de détournement du chemin de moindre coût

Les corridors à l'intérieur du fleuve Saint-Laurent ont aussi été retirés puisque les données utilisées et les critères choisis ne permettent pas de distinguer adéquatement les corridors optimaux à l'intérieur du fleuve. C'est principalement le cas pour les corridors entre Lévis et Québec. Le retrait de ces corridors n'influence pas les tracés en milieu terrestre. Par contre, les corridors entre l'Île d'Orléans et la Côte de Beaupré sont conservés puisque la partie terrestre de ces corridors présente un intérêt considérable en termes de services écologiques.

La dernière étape a consisté à simplifier le réseau obtenu afin de jumeler les tracés qui se superposent ou qui se répètent. Cette étape permet d'obtenir de grandes entités géographiques au lieu d'un grand nombre de petits liens, ce qui rend l'ensemble plus réaliste. Les cartes 9 et 10 de l'annexe C présentent le résultat après optimisation.

En terminant, il est important de préciser que les représentants des MRC et des municipalités sont les intervenants les mieux placés pour effectuer le travail d'ajustement final des corridors afin de les adapter à leur échelle d'application et de leurs orientations. Une optimisation en tenant compte de la tenure des terres, des objectifs de développement, du périmètre urbain et de l'affectation du territoire sera

probablement nécessaire. Par exemple, les classes pourraient être revues afin d'élargir ou de rétrécir les corridors établis.

6.2 Caractérisation des corridors écologiques sélectionnés

La caractérisation des corridors écologiques a été effectuée à partir des tracés optimisés et des indices de qualité des milieux naturels (IQMN) calculés lors de l'étape précédant la modélisation finale.

Ainsi, pour chacun des corridors, une fiche synthèse a été produite et résume le parcours suivi et la contribution pour chacun des IQMN (biodiversité, qualité de l'eau, paysage et activité récréative), le long du chemin de moindre coût. Ces fiches sont présentées à l'annexe E. À partir des statistiques des IQMN, il est possible de comparer les chemins de moindre coût avec les autres et de faire ressortir certaines tendances. Le tableau 5 présente la synthèse des statistiques des IQMN pour les 40 corridors retenus selon le chemin de moindre coût alors que le tableau 6 présente les caractéristiques du milieu humain pour chacun des corridors.

Biodiversité (corridors U, J et AG)

Les corridors qui se distinguent en termes de contribution à la biodiversité sont les corridors U, J et AG avec des valeurs moyennes de 91,9, 60,3 et 60,0 respectivement. Le corridor U est aussi celui qui affiche la valeur maximale de biodiversité avec 96,2 (figure 12). Ce corridor relie l'Anse aux Canards sur l'Île d'Orléans (pôle n^{o} 13) et le Parc de la Chute-Montmorency (pôle n^{o} 21). Le corridor J présente la seconde moyenne la plus élevée en termes de biodiversité. Ce corridor relie la Station forestière Duchesnay (pôle n^{o} 6) au complexe de milieux humides des buttes du Capsa (pôle n^{o} 49) et traverse les pôles de connectivité n^{os} 46 et 23 qui sont respectivement le complexe de milieux humides du chemin de Bélair et les complexes de milieux humides des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Shannon et Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Le corridor AG s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis. Il relie le parc de la rivière Chaudière (pôle n^{o} 37) à l'anse de Bellechasse (pôle n^{o} 16) en passant par le parc de la rivière Etchemin (pôle n^{o} 34), la ferme Chapais (pôle n^{o} 31), le parc régional de la Pointe-De la Martinière (pôle n^{o} 28) et le refuge d'oiseaux migrateurs de Saint-Vallier (pôle n^{o} 18).

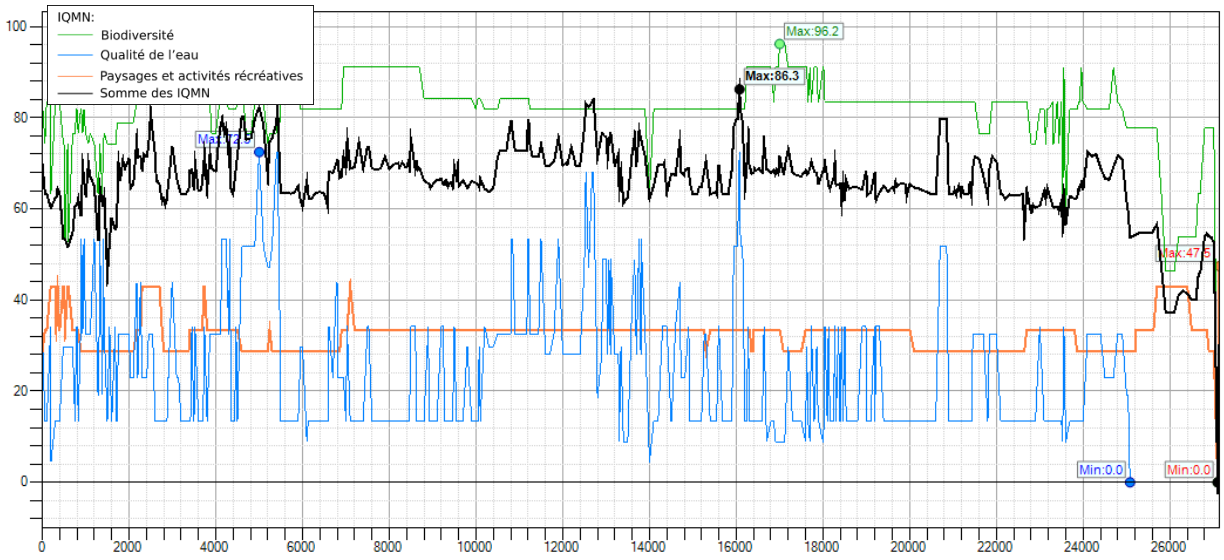


Figure 12 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor U (distance en mètre)

Tableau 5 : Synthèse des statistiques des IQMN pour chacun des 40 corridors écologiques retenus, le long du chemin de moindre coût (IQMN normalisé avec une valeur maximale de 100)

Identifiant du corridor	Longueur (km)	Maximum				Moyenne			
		Somme des IQMN	IQMN Biodiversité	IQMN Qualité de l'eau	IQMN Paysage et activité récréative	Somme des IQMN	IQMN Biodiversité	IQMN Qualité de l'eau	IQMN Paysage et activité récréative
A	27,5	76,5	81,3	81,4	38,2	53,0	54,7	42,7	7,6
B	25,9	82,0	76,7	**91,1**	74,0	61,0	59,7	48,9	20,6
C	31,3	73,5	72,7	81,8	47,8	50,3	53,8	31,5	18,3
D	16,6	74,3	82,0	**91,1**	38,2	55,3	54,8	43,7	15,2
E	24,4	67,1	77,0	81,8	43,0	50,9	53,4	33,4	17,5
F	25,1	69,1	72,7	72,9	50,1	51,1	51,8	37,7	13,5
G	29,2	73,2	72,7	82,2	37,9	49,4	52,5	35,3	10,9
H	28,7	84,8	**90,8**	90,3	49,9	60,9	57,6	49,9	20,9
I	38,6	76,7	66,1	72,5	76,1	32,5	21,7	17,3	46,1
J	21,2	85,3	82,7	81,4	47,8	59,1	60,3	43,3	19,3
K	19,4	84,9	76,7	90,3	61,8	63,0	58,9	**54,2**	18,6
L	16,6	77,7	69,4	90,3	38,2	56,5	51,0	50,7	19,7
M	8,6	77,3	69,4	90,3	28,7	49,5	52,3	37,9	9,5
N	14,4	53,1	58,4	77,0	64,2	32,6	21,0	38,2	27,5
O	9,1	**91,6**	82,0	90,3	33,4	53,2	51,6	39,4	23,3
P	20,8	54,1	57,4	72,5	59,7	26,2	17,3	38,5	18,4
Q	30,7	73,0	81,3	76,4	59,7	49,2	48,4	31,5	30,9
R	8,0	72,3	71,5	82,2	38,2	57,3	52,3	51,3	16,0
S	13,0	67,2	64,7	63,6	73,7	46,8	49,0	23,4	35,4
T	13,6	72,6	64,8	82,2	47,5	51,4	53,0	28,8	31,4
U	27,1	86,3	**96,2**	72,5	47,5	**66,3**	**81,9**	22,8	32,5
V	13,3	75,4	**91,1**	72,5	59,7	49,6	51,4	24,5	37,6
W	18,3	85,7	76,7	85,9	59,7	61,5	52,8	46,3	**49,0**

Tableau 5 : Synthèse des statistiques des IQMN pour chacun des 40 corridors écologiques retenus, le long du chemin de moindre coût (IQMN normalisé avec une valeur maximale de 100) (suite et fin)

Identifiant du corridor	Longueur (km)	Maximum				Moyenne			
		Somme des IQMN	IQMN Biodiversité	IQMN Qualité de l'eau	IQMN Paysage et activité récréative	Somme des IQMN	IQMN Biodiversité	IQMN Qualité de l'eau	IQMN Paysage et activité récréative
X	19,0	77,7	72,4	86,6	74,0	56,2	46,0	45,5	40,2
Y	13,1	69,3	61,1	90,3	60,9	42,2	40,4	34,6	14,1
Z	18,2	68,4	64,6	74,7	76,4	44,6	42,7	31,4	25,8
AA	13,4	67,3	61,3	**91,1**	64,2	43,3	40,8	32,2	27,3
AB	7,2	58,1	64,1	72,5	32,2	42,1	42,5	33,4	11,1
AC	7,5	60,3	64,1	72,5	32,2	37,6	36,2	32,6	8,8
AD	16,7	61,6	69,5	85,9	32,2	33,9	34,9	26,8	5,7
AE	20,2	72,4	69,5	72,5	72,5	31,3	26,1	22,4	28,8
AF	4,9	63,1	54,5	65,1	20,0	25,5	24,8	20,9	6,9
AG	**49,5**	78,9	81,6	86,2	**86,0**	50,1	60,0	18,9	31,2
AH	11,2	69,8	67,5	72,5	73,7	30,0	25,8	24,7	21,4
AI	8,3	57,0	41,5	77,0	64,2	36,3	21,1	47,9	17,3
AJ	3,9	79,0	77,1	72,5	33,4	35,4	23,6	44,4	11,2
AK	4,6	61,6	65,2	68,0	23,9	43,6	39,1	43,5	10,5
AL	13,8	61,4	63,3	60,6	19,1	26,1	23,8	21,4	11,9
AM	16,3	72,1	67,3	82,2	50,1	50,9	51,8	36,3	18,0
AN	8,2	60,9	46,1	72,5	69,0	25,2	18,9	22,3	23,8
AO	9,8	63,7	57,6	80,9	73,7	38,9	24,3	39,5	36,3

Tableau 6 : Synthèse des caractéristiques du milieu humain pour chacun des 40 corridors écologiques retenus

Identifiant du corridor	Milieu humain					
	Municipalités	MRC	Urbain / périurbain	PU / si oui quelle ville	Affectations	Bassins versants de prise d'eau
A	Shannon, St-Gabriel-de-Valcartier, Stoneham	de La Jacques-Cartier	périurbain	non	Partie à l'ouest de la réserve de Tantaré traverse la Base militaire de Valcartier, secteur administré par le gouvernement fédéral. Entre la réserve et le parc national de la Jacques-Cartier, le corridor traverse en majorité un secteur forestier et récréo-forestier, ainsi qu'une petite zone rurale en bordure de la rivière Jacques-Cartier.	Entre les pôles 6 et 12, le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau du lac Saint-Joseph.
B	St-Gabriel-de-Valcartier, Ville de Québec (Haute-St-Charles), Wendake	De La Jacques-Cartier et Agglomération de Québec	périurbain	Saint-Gabriel et Québec (Haute-St-Charles)	Entre 12 et 41, à St-Gabriel: affectations variées: agricole, rural, urbain, industrielle. Le corridor traverse la rivière Jacques-Cartier. Entre 41 et 20: du nord au sud secteurs forestiers et récréo-forestiers jusqu'à atteindre le milieu urbain du secteur de lac St-Charles et le pôle de connectivité du Parc linéaire de la rivière Saint-Charles.	Entre les pôles 41 et 20, le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.
C	Stoneham-et-Tewkesbury, Lac-Beauport, Ville de Québec (Beauport)	De La Jacques-Cartier et Agglomération de Québec	périurbain	Lac-Beauport	Entre la réserve de Tantaré et le mont Wright (Stoneham): forestier, rural, industrielle et récréo-forestière. Entre Mont Wright et secteur de la rivière des Sept-Ponts, le corridor traverse un secteur affecté "récréo-forestier" avant de traverser le milieu urbain de Lac-Beauport. Le corridor se poursuit ensuite en milieu forestier jusqu'au secteur nord-est de l'Arrondissement Beauport	Le corridor s'étend en majorité dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.
D	Stoneham-et-Tewkesbury	De La Jacques-Cartier	périurbain	non	Du nord au sud, le tracé traverse un secteur majoritairement boisé et d'affectation forestière, récréo-forestière et récréative. Il traverse ensuite un secteur rural ponctué d'un secteur industriel avant d'arriver à la Réserve naturelle des Marais-du-Nord.	Le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière lac Saint-Charles.
E	Stoneham-et-Tewkesbury, Lac-Beauport, Ville de Québec (Beauport)	De La Jacques-Cartier et Agglomération de Québec	périurbain	non	Le tracé s'étend entre le Parc national de la Jacques-Cartier et le mont Wright dans un milieu boisé d'affectations forestières, récréo-forestière, récréative et rurale. Il se poursuit ensuite jusqu'au secteur nord-est de l'Arrondissement de Beauport dans des secteurs d'affectation récréo-forestière (Lac-Beauport) et forêt (Ville de Québec)	Le corridor s'étend en majorité dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et en partie dans celui de la Montmorency.
F	Stoneham-et-Tewkesbury, Sainte-Brigitte-de-Laval, L'Ange-Gardien	de La Jacques-Cartier et de La Côte-de-Beaupré	périurbain	Borde partie du nord du PU de Ste-Brigitte	Du nord vers le sud, ce corridor traverse essentiellement un milieu boisé, d'affectation forestière et récréo-forestière. Il traverse également les deux secteurs ruraux de Saint-Adolphe et Ste-Brigitte-de-Laval. Son tracé se termine dans la municipalité de L'Ange-Gardien, dans un secteur boisé de la zone agricole.	Le corridor s'étend dans les bassins versants des prises d'eau des rivières Saint-Charles et Montmorency.
G	Stoneham-et-Tewkesbury, Sainte-Brigitte-de-Laval, Château-Richer, Sainte-Anne-de-Beaupré	de La Jacques-Cartier et de La Côte-de-Beaupré	périurbain	non	Le tracé du corridor, boisé dans son entièreté, relie le Parc national de la Jacques-Cartier au Mont-Sainte-Anne. Le territoire est majoritairement affecté récréo-forestier.	Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, mais surtout dans celui de la Montmorency.
H	Stoneham-et-Tewkesbury, Lac-Delage, Saint-Gabriel-de-Valcartier, Shannon, partie Québec (Haute-Saint-Charles)	de La Jacques-Cartier et Agglomération de Québec	périurbain	Traverse petites parties boisées des PU de Stoneham, Lac-Delage, Saint-Gabriel et Shannon.	Le tracé s'étend successivement dans des secteurs récréo-forestier et ruraux des municipalités de Stoneham, Lac-Delage et du nord de la Ville de Québec en traversant de petites bordures des périmètres urbains des deux premières municipalités. Il poursuit ensuite son parcours dans la municipalité de Saint-Gabriel-de-Valcartier où il traverse successivement des secteurs agricoles et ruraux, et ensuite le territoire occupé par la Base des Forces canadiennes Valcartier. Il termine sa route à travers des milieux humides à Shannon, sur des secteurs d'affectations récréo-forestière et de conservation.	Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et en petite partie dans celui du lac Saint-Joseph.
I	Ville de Québec (arrondissements La Cité-Limoilou, Les Rivières, Haute-Saint-Charles)	Agglomération de Québec	urbain	S'étend en majorité en PU	Au départ de la Baie de Beauport, le tracé du corridor suit essentiellement celui du parc et de la rivière Saint-Charles dans un milieu urbain affecté majoritairement en espace vert. Il se poursuit en jusqu'au lac Saint-Charles dans des secteurs affectés en alternance en espace vert, forêt et milieu urbain, avant de rejoindre la Réserve naturelle des Marais-du-Nord.	Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (secteur nord).
J	Fossambault-sur-le-Lac, Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, Saint-Augustin-de-Desmaures	de La Jacques-Cartier et Agglomération de Québec	périurbain	non	À partir de la Station forestière Duchesnay, le corridor traverse un secteur récréo-forestier et de conservation. Il traverse ensuite un secteur boisé en zone agricole et de petits secteurs affectés ruraux et récro-forestiers de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Le tracé se termine en zone agricole boisée de Saint-Augustin-de-Desmaures.	Une petite partie du corridor (nord) est situé dans la prise d'eau du bassin versant du lac Saint-Joseph.
K	Ville de Québec (arrondissement Haute-Saint-Charles), Saint-Gabriel-de-Valcartier, Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	de La Jacques-Cartier et Agglomération de Québec	périurbain	Très petite partie du PU de Saint-Gabriel (route)	Le tracé démarre à la Réserve naturelle des Marais-du-Nord, et il traverse vers l'ouest des secteurs boisés et affectés forêt, récréo-forestier et agricole à Saint-Gabriel-de-Valcartier. Il traverse ensuite une petite portion au sud de la Base des Forces canadiennes pour Valcartier avant de poursuivre sa course dans un secteur boisé du nord de la Ville de Québec jusqu'aux complexes de milieux humides des terrasses de la rivière Jacques-Cartier.	Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.
L	Shannon, Ville de Québec (arrondissement Haute-Saint-Charles)	de La Jacques-Cartier et Agglomération de Québec	périurbain	oui, Shannon	Le tracé démarre au Complexe de tourbière des terrasses de la rivière Jacques-Cartier, ou il traverse le périmètre urbain de Shannon et des secteurs affectés agricole et industriel. Après son passage par le pôle 48, il poursuit son chemin à travers un secteur affecté forêt sur le territoire de la ville de Québec pour aboutir dans le secteur du Château-d'Eau du parc de la rivière Saint-Charles.	Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.

Tableau 6 : Synthèse des caractéristiques du milieu humain pour chacun des 40 corridors écologiques retenus (suite)

Identifiant du corridor	Milieu humain					
	Municipalités	MRC	Urbain / périurbain	PU / si oui quelle ville	Affectations	Bassins versants de prise d'eau
M	Stoneham-et-Tewkesbury, Ville de Québec (Arrondissement Charlesbourg)	de La Jacques-Cartier et Agglomération de Québec	périurbain	Très petite partie du PU de Québec (route)	Le tracé démarre à la Réserve naturelle des Marais-du-Nord, et il s'étend vers le sud en traversant des secteurs d'affectation rurale, industrielle et récréo-forestière sur le territoire de Stoneham-et-Tewkesbury. Il poursuit son chemin vers le sud, à travers un milieu boisé d'affectation forestière de l'Arrondissement Charlesbourg où il traverse une petite partie de son périmètre urbain (traverse d'une route) avant de terminer son chemin dans le secteur de la rivière des Sept-Ponts.	Le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et termine sa course dans celui du lac Bégon.
N	Ville de Québec (arrondissements Haute-Saint-Charles et Les Rivières)	Agglomération de Québec	urbain	Dans le PU	Au départ du secteur du Château d'Eau du Parc linéaire de la rivière Saint-Charles, le corridor traverse un secteur boisé d'affectation forestière en passant par le mont Irma-Levasseur jusqu'au complexe humide Laurentien, ou il borde des secteurs d'affectation urbaine et industrielle. Il emprunte ensuite le tracé de la rivière du Berger vers le sud en traversant le secteur urbain de l'arrondissement Les Rivières jusqu'au secteur du parc des Saules.	non
O	Ville de Québec (arrondissements Charlesbourg et Beauport)	Agglomération de Québec	urbain et périurbain	en partie dans le PU	Le tracé débute dans un secteur d'affectation industrielle du complexe humide Laurentien et se poursuit vers l'est en passant par le parc des Moulins. Il traverse ensuite le milieu urbain de l'arrondissement de Charlesbourg et emprunte le corridor de la rivière des Roches ou il bifurque vers l'est avant l'embouchure du lac du même nom, pour finalement rejoindre le secteur nord-est de l'Arrondissement de Beauport.	non
P	Villes de Québec (arrondissements Haute-Saint-Charles, Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge, Les Rivières) et de L'Ancienne-Lorette	Agglomération de Québec	urbain et périurbain	en partie dans le PU	Au départ du mont Bélair, le tracé s'étend dans l'arrondissement de la Haute-Saint-Charles vers le sud-est dans des secteurs boisés d'affectation forestière et agricole. Il rejoint ensuite le milieu urbain de L'Ancienne-Lorette en empruntant le chemin de la rivière Lorette et du parc du même nom. Il termine sa course dans l'arrondissement Les Rivières à travers des secteurs d'affectation urbaine et industrielle pour rejoindre ultimement le parc des Saules.	non
Q	Villes de Québec (arrondissements Haute-Saint-Charles, Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge), Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier et de Saint-Augustin-de-Desmaures	Agglomération de Québec et MRC de La Jacques-Cartier	urbain et périurbain	Petite partie du tracé borde le PU dans l'est du tracé	Au départ du mont Bélair, le tracé s'étend dans l'arrondissement de la Haute-Saint-Charles et en petite partie sur le territoire de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier vers le sud-ouest dans des secteurs boisés d'affectation forestière et récréo-forestière. Il rejoint ensuite le milieu boisé et agricole de Saint-Augustin-de-Desmaures jusqu'aux buttes du Capsa, à l'extrémité sud-ouest du territoire de la CMQ. Le corridor poursuit sa course vers l'est en bordure du fleuve Saint-Laurent, dans des affectations en alternance agricole et de grève 500 m. Le corridor poursuit sa course en bordure du fleuve dans le milieu urbain du secteur Cap-Rouge jusqu'au parc de la Plage-Jacques-Cartier et au Sentier des grèves.	non
R	L'Ange-Gardien, Boischatel, Québec (Arrondissement Beauport)	MRC de La Côte-de-Beaupré, Agglomération de Québec	périurbain	non	Le tracé part d'un secteur de milieux humides et boisés et s'étend vers l'ouest en passant par la tourbière boisée du Coteau de L'Ange-Gardien dans un secteur boisé et d'affectations agricole et récréative. Le tracé traverse la rivière Montmorency et se poursuit sur le territoire de la Ville de Québec en traversant un milieu d'affectations forestière et d'espace vert (Centre de plein air de Beauport).	Le corridor s'étend dans les bassins versants des prises d'eau des rivières Ferré et Montmorency.
S	Québec (Arrondissement Beauport), Boischatel	Agglomération de Québec, MRC de La Côte-de-Beaupré	urbain et périurbain	dans le PU	Le tracé part de la Baie de Beauport et suit le bord du fleuve Saint-Laurent dans un milieu affecté grève 500 m jusqu'à l'embouchure et le parc de la rivière Montmorency. Il remonte ensuite la rivière qui sépare les territoires de Québec et Boischatel dans un secteur d'affectation espace vert et récréation en traversant en partie le périmètre urbain de Boischatel. Le corridor termine sa course dans la tourbière boisée du Coteau de L'Ange-Gardien.	non
T	Château-Richer, Sainte-Anne-de-Beaupré	MRC de La Côte-de-Beaupré	périurbain	non	Le corridor s'étend de l'ouest, entre des milieux humides et boisés de Château-Richer vers l'est jusqu'au Parc du Mont Sainte-Anne, en traversant une zone affectée "récréo-forestière" sur le territoire de Château-Richer et "récréation" sur le territoire de Sainte-Anne-de-Beaupré.	Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de Château-Richer.
U	Saint-François-de-l'Île-d'Orléans, Sainte-Famille, Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans, Boischatel	MRC de L'Île-d'Orléans, MRC de La Côte-de-Beaupré	périurbain	non	Le corridor longe la rive nord de l'île d'Orléans à partie de Saint-François-de-l'Île-d'Orléans jusqu'à Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans en traversant un secteur affecté "conservation" et protégé à titre « d'aire de concentration d'oiseaux aquatiques ». La portion terrestre de ce segment fait partie de la zone agricole provinciale. Il traverse ensuite le fleuve pour rejoindre le Parc de la Chute-Montmorency.	non

Tableau 6 : Synthèse des caractéristiques du milieu humain pour chacun des 40 corridors écologiques retenus (suite)

Identifiant du corridor	Milieu humain					
	Municipalités	MRC	Urbain / périurbain	PU / si oui quelle ville	Affectations	Bassins versants de prise d'eau
V	Sainte-Famille, Château-Richer	MRC de L'Île-d'Orléans, MRC de La Côte-de-Beaupré	périurbain	Petite partie du tracé touche le PU de Château-Richer	Le corridor part d'un secteur boisé et affecté "conservation" au centre de l'île, à Sainte-Famille. Il rejoint le bord de l'île à travers des boisés agricoles et traverse le fleuve pour rejoindre la berge de Château-Richer, où il traverse le périmètre urbain et le boulevard Sainte-Anne sur une petite partie. Il termine sa course dans le pôle des milieux humides et boisés de Château-Richer en traversant la zone agricole provinciale, boisée en grande majorité.	non
W	Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans, Sainte-Famille	MRC de L'Île-d'Orléans	périurbain	non	Le corridor s'amorce à l'extrémité est du Boisé de Sainte-Pétronille, à Saint-Pierre, et poursuit son chemin vers le nord-est dans les boisés zonés agricoles du centre de l'île d'Orléans. Son tracé se termine dans un boisé de Sainte-Famille.	non
X	Saint-Louis-de-Gonzague, Saint-Joachim, Saint-Tite-des-Caps, TNO Sault-au-Cochon	MRC de La Côte-de-Beaupré	périurbain	non	Le corridor prend départ dans le secteur agricole de Saint-Louis-de-Gonzague. Il remonte ensuite le corridor de la rivière Sainte-Anne, d'affectation "conservation" sur le territoire de Saint-Joachim et d'affectation "récréation" à Saint-Tite-des-Caps. Il retraverse vers le sud un secteur agricole pour terminer sa course dans des secteurs zonés récréation et conservation dans le TNO de Sault-au-Cochon.	Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Sainte-Anne.
Y	Lévis (Arrondissement Les Chutes-de-la-Chaudière-Ouest)	Lévis	périurbain	Une petite partie dans le PU (St-Nicolas) avant d'arriver au fleuve	Ce corridor prend son départ du sud-ouest de la Ville de Lévis et s'étend majoritairement vers le nord dans des complexes de milieux humides de la zone agricole: Pointe-Saint-Gilles, Buttes de la route des Caps et Buttes des terres rouges de Saint-Nicolas. Il traverse ensuite l'autoroute 20 et remonte à travers des boisés de la zone agricole pour rejoindre d'abord une zone péri-urbaine et ensuite une aire de consolidation urbaine avant d'aboutir au fleuve Saint-Laurent.	Le corridor (début) s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.
Z	Lévis (Arrondissement Les Chutes-de-la-Chaudière-Ouest)	Lévis	périurbain / urbain	oui	Ce corridor prend son départ du sud-ouest de la Ville de Lévis et s'étend vers le nord-est dans des complexes de milieux humides de la zone agricole: Pointe-Saint-Gilles, Buttes de la route des Caps, et Plaines de Saint-Redempteur. Il traverse également des secteurs urbanisés dans les périmètres urbains des secteurs de Saint-Etienne et de Saint-Rédempteur. Après avoir traversé l'autoroute 20, il poursuit son chemin dans des boisés de la zone agricole pour rejoindre une aire de consolidation urbaine avant d'aboutir au fleuve Saint-Laurent et de suivre son cours vers l'est jusqu'au pont de Québec.	Le corridor (début) s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.
AA	Lévis (Arrondissements Les Chutes-de-la-Chaudière-Est et Ouest)	Lévis	périurbain / urbain	oui	Le corridor s'amorce dans la tourbière Sainte-Hélène et traverse le périmètre urbain du secteur de Ste-Hélène-de-Breakeyville avant de rejoindre un secteur récréatif en bordure de la rivière Chaudière. Il emprunte ensuite une partie du parc de la rivière Chaudière avant de traverser un secteur urbanisé et l'autoroute 20. Il termine sa course en traversant successivement des secteurs de la zone agricole provinciale affectés "ressources" et "récréation" avant de s'achever dans une aire de consolidation urbaine du secteur de Saint-Nicolas.	Le corridor (début) s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.
AB	Lévis (Arrondissements Les Chutes-de-la-Chaudière-Est et Ouest)	Lévis	périurbain	petite partie à Ste-Hélène	Le corridor s'amorce dans la tourbière de l'Embarras et traverse la zone agricole jusqu'à une petite zone industrielle du secteur de Ste-Hélène-de-Breakeyville. Après avoir traversé la rivière Chaudière, il poursuit sa course dans la zone agricole et traverse l'autoroute 73 après un bref passage dans un secteur de récréation. Il termine son chemin en traversant un secteur agricole pour aboutir dans le complexe de milieux humides des Plaines de Saint-Rédempteur.	Le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.
AC	Lévis (Arrondissements Les Chutes-de-la-Chaudière-Est et Ouest)	Lévis	périurbain	non	Le corridor s'amorce dans la tourbière de l'Embarras et traverse la zone agricole jusqu'à une petite zone péri-urbaine du secteur de Ste-Hélène-de-Breakeyville. Après avoir traversé l'autoroute 73 et la rivière Chaudière, il poursuit sa course dans la zone agricole jusqu'au complexe de milieux humides de la Pointe-Saint-Gilles.	Le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.
AD	Lévis (Arrondissements Les Chutes-de-la-Chaudière-Est et Desjardins)	Lévis	périurbain	non	Au départ de la tourbière de l'Embarras, le corridor traverse la zone agricole vers l'est, le long de la frontière sud de la ville de Lévis, en traversant surtout des secteurs boisés. Il termine son chemin dans la tourbière de la Grande plée Bleue.	Le corridor (début) s'étend en petite partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.
AE	Lévis (Arrondissements Les Chutes-de-la-Chaudière-Est et Desjardins)	Lévis	périurbain / urbain	oui	À partir de la tourbière de l'Embarras, le corridor traverse la zone agricole vers le nord, avant d'entrer dans le milieu urbain et à l'intérieur du périmètre urbain. Il traverse ensuite une aire de consolidation urbaine avant de bifurquer vers l'est et traverser successivement le secteur du Centre de ski de fond les Grandes-Prairies et le parc de la rivière Etchemin. Il poursuit sa route vers l'est en traversant la zone agricole de l'arrondissement Desjardins, où il traverse furtivement le périmètre urbain du secteur de Pintendre. Il termine sa course dans la tourbière de la Grande plée Bleue.	Le corridor (début) s'étend en petite partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.
AF	Lévis (Arrondissement Les Chutes-de-la-Chaudière-Est)	Lévis	périurbain	Très petite partie du PU (traverse avenue Taniata)	Ce court corridor joint la tourbière Sainte-Hélène au parc de la rivière Etchemin. Mis à part un petit secteur inclus dans le périmètre urbain à l'extrémité sud du secteur de Saint-Jean-Chrysostome, le tracé s'étend en zone agricole provinciale.	non

Tableau 6 : Synthèse des caractéristiques du milieu humain pour chacun des 40 corridors écologiques retenus (suite et fin)

Identifiant du corridor	Milieu humain					
	Municipalités	MRC	Urbain / périurbain	PU / si oui quelle ville	Affectations	Bassins versants de prise d'eau
AG	Lévis (Arrondissements Les Chutes-de-la-Chaudière-Est et Desjardins), Beaumont, Saint-Michel-de-Bellechasse, Saint-Vallier	Lévis et MRC de Bellechasse	Urbain / périurbain	Oui	Ce long corridor s'étend le long du fleuve à partir de l'embouchure de la rivière Chaudière jusqu'à l'extrémité est de la municipalité de Saint-Vallier. À Lévis, son parcours s'étend en milieu urbain (aire de consolidation urbaine) en alternant son passage sur les coteaux et les berges du Saint-Laurent, en passant par le parc de la rivière Etchemin, la ferme Chapais et le parc régional de la Pointe-De la Martinière. Il poursuit son chemin dans la MRC de Bellechasse, où il traverse successivement les municipalités de Beaumont, Saint-Michel-de-Bellechasse et Saint-Vallier. Entre les périmètres urbains de ces municipalités, le tracé s'étend surtout sur la berge où il traverse divers milieux humides, boisés et terres agricoles.	non
AH	Lévis (Arrondissements Desjardins et Les Chutes-de-la-Chaudière-Est)	Lévis	périurbain / urbain	Oui	Le corridor s'amorce dans la tourbière de la Grande plée Bleue et traverse la zone agricole avant d'arriver dans le périmètre urbain à partir du secteur de Pintendre. Il s'étend ensuite en milieu urbain en traversant successivement des secteurs affectés "parc technologique", "récréo-écologique", "axe commercial" et "industriel" pour se terminer au parc de la rivière Etchemin.	non
AI	Lévis (Arrondissement Desjardins)	Lévis	périurbain / urbain	Oui	Le corridor prend départ au parc régional de la Pointe-De la Martinière. Il s'étend en direction sud-ouest en traversant le milieu urbain d'affectation "aire de consolidation urbaine", "axe commercial" et "industrielle". Il continue ensuite en zone agricole et périurbaine, avant de retourner en zone urbaine dans le pôle Desjardins. Il se termine dans le parc des Écarts après un bref trajet dans une zone d'affectation "parc technologique".	non
AJ	Lévis (Arrondissement Desjardins)	Lévis	périurbain	Non	Le corridor amorce sa course à l'extrémité nord de la tourbière de la Grande plée Bleue. Il s'étend vers le nord en zone agricole provinciale, et rejoint le Parc régional de la Pointe-De la Martinière, en bordure du fleuve Saint-Laurent.	non
AK	Lévis (Arrondissement Desjardins), Beaumont	Lévis et MRC de Bellechasse	périurbain	non	Le corridor amorce sa course à l'extrémité nord de la tourbière de la Grande plée Bleue. Il s'étend vers le nord-est en zone agricole provinciale jusqu'à l'autoroute 20. Il traverse ensuite un secteur boisé d'affectation "industrielle" avant de poursuivre son chemin dans la zone agricole de la municipalité de Beaumont. Il emprunte momentanément le chemin de la ligne de transport électrique (735kV) et termine sa course dans un boisé riverain au fleuve Saint-Laurent.	non
AL	Saint-Vallier	MRC de Bellechasse	périurbain	non	Le corridor commence sa course à l'aire de repos pour les oiseaux migrateurs de l'Anse de Bellechasse. Il se dirige vers le sud en traversant la zone agricole provinciale et l'autoroute 20, et bifurque vers l'ouest dans un secteur boisé du sud de la municipalité. Il revient ensuite vers le nord et retraverse la zone agricole provinciale et l'autoroute 20 pour terminer sa course dans le refuge d'oiseaux migrateurs de Saint-Vallier.	non
AM	Lac-Beauport, Sainte-Brigitte-de-Laval, L'Ange-Gardien	MRC de La Jacques-Cartier, MRC de La Côte-de-Beaupré	périurbain	oui, PU de Sainte-Brigitte-de-Laval	Le corridor débute au mont Wright et s'étend vers le sud-est en traversant un secteur boisé affecté "récréo-forestier" jusqu'aux limites de la MRC de La Jacques-Cartier, après avoir traversé le milieu urbain de Sainte-Brigitte-de-Laval. Il traverse ensuite un boisé de la zone agricole provinciale et rejoint le secteur des milieux humides de L'Ange-Gardien.	Le corridor s'étend dans les bassins versants des prises d'eau des rivières Saint-Charles et Montmorency.
AN	Québec (Arrondissement Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge)	Agglomération de Québec	urbain	oui	Le corridor débute à la Base de plein air de Sainte-Foy et s'étend vers le sud en traversant des secteurs industriels et urbains, en empruntant surtout les boisés du coteau longeant le boulevard du Versant-Nord. Il termine sa course au fleuve Saint-Laurent, près de l'embouchure de la rivière Cap-Rouge.	non
AO	Québec (Arrondissement de Beauport)	Agglomération de Québec	Périurbain / urbain	Oui	Le corridor traverse la partie nord-ouest de la ville de Québec, à partir de la baie de Beauport vers le nord, où il se divise pour rejoindre deux pôles de connectivités distincts. La partie sud du tracé s'étend le long du parc linéaire de la rivière Beauport, en milieu urbain ainsi qu'à l'intérieur du périmètre urbain jusqu'au boulevard Louis-XIV. Le tracé se poursuit vers l'est, pour rejoindre le secteur nord-est de l'arrondissement Beauport. Alors qu'une autre portion du corridor continue vers le nord, jusqu'au secteur de la rivière des Sept Ponts. Ces deux segments s'étendent dans un grand secteur d'affectation « forêt » ainsi qu'en milieu périurbain. Bien qu'il ne le traverse pas, le tracé nord du corridor aboutit dans le bassin versant de la prise d'eau du lac Bégon.	Non (à la limite du bassin versant)

Qualité de l'eau (corridors K, R et L)

Les corridors K, R et L présentent les trois moyennes les plus élevées en termes d'IQMN de la qualité de l'eau avec des valeurs moyennes de 54,2, 51,3 et 50,7 respectivement. Le corridor K, dont les statistiques sont présentées à la figure 13, traverse des milieux anthropiques. Ces coupures sont reconnaissables dans le graphique par un pointage nul (0) des IQMN ainsi que la somme des IQMN qui chutent drastiquement à 0. Le corridor K relie la réserve naturelle des Marais-du-Nord (pôle nº 5) au complexe de milieux humides des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Shannon et Sainte-Catherine (pôle nº 46) en passant par le complexe humide du chemin de Bélair (pôle nº 23). Le corridor R relie les milieux humides et les boisés de Château-Richer et de l'Ange-Gardien (pôle nº 40) au secteur nord-est de l'arrondissement de Beauport (pôle nº 43) en passant par la tourbière boisée du Coteau de L'Ange-Gardien (pôle nº 42). Il traverse un seul espace anthropique et présente une valeur constante en termes d'IQMN de qualité de l'eau. Le corridor L s'étend du complexe de tourbières des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Saint-Gabriel et base militaire (pôle nº 45) au parc linéaire de la rivière Saint-Charles (pôle nº 20) en passant par le marécage du bout de la route de l'Aéroport (pôle nº 48).

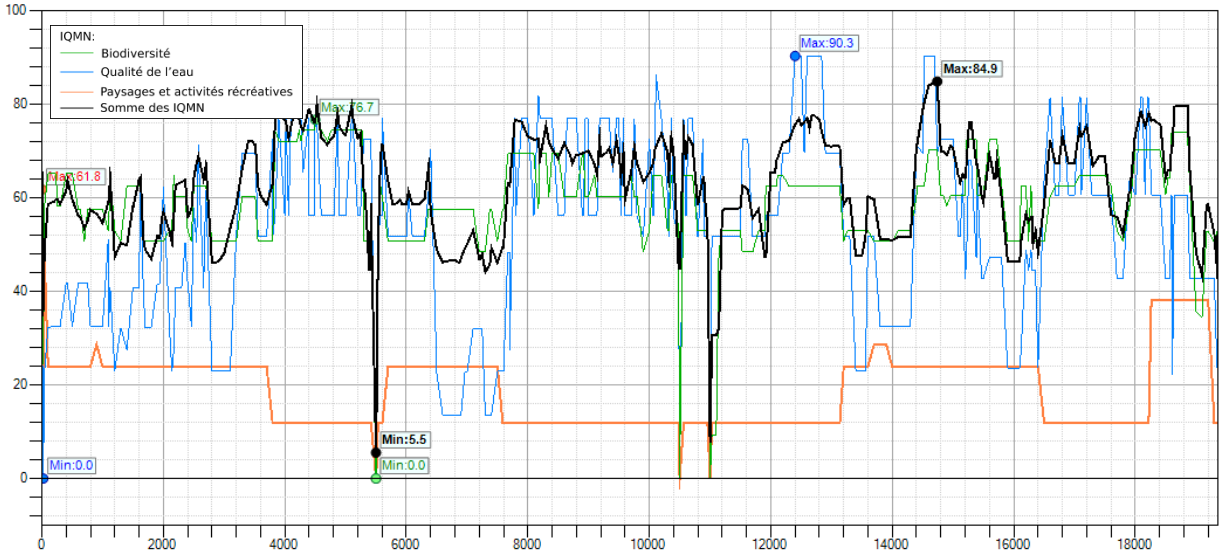


Figure 13 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor K (distance en mètre)

Paysages et activités récréatives (corridor W, I et X)

Le corridor W contribue davantage au niveau du paysage et des activités récréatives puisqu'il affiche la moyenne la plus élevée pour cet IQMN, soit une valeur de 49,0. Ce corridor relie le boisé de Sainte-Pétronille (pôle n°22) et le territoire est identifié comme une affectation conservation par la MRC de l'Île d'Orléans (pôle n°14). Les corridors I et X suivent avec des valeurs moyennes de 46,1 et de 40,2. Le corridor I s'étend de la Baie de Beauport (pôle n°25) à la Réserve naturelle des Marais-du-Nord (pôle n°5) en passant par le parc des Saules (pôle n°29), le parc Chauveau (pôle n°27) et le parc linéaire de la rivière Saint-Charles (pôle n°20).

Le corridor X relie la réserve nationale de faune du Cap-Tourmente (pôle n°3) à la réserve de biodiversité projetée du Cap-Brûlé (pôle n°10) en passant par le corridor de la rivière Sainte-Anne (pôle n°11).

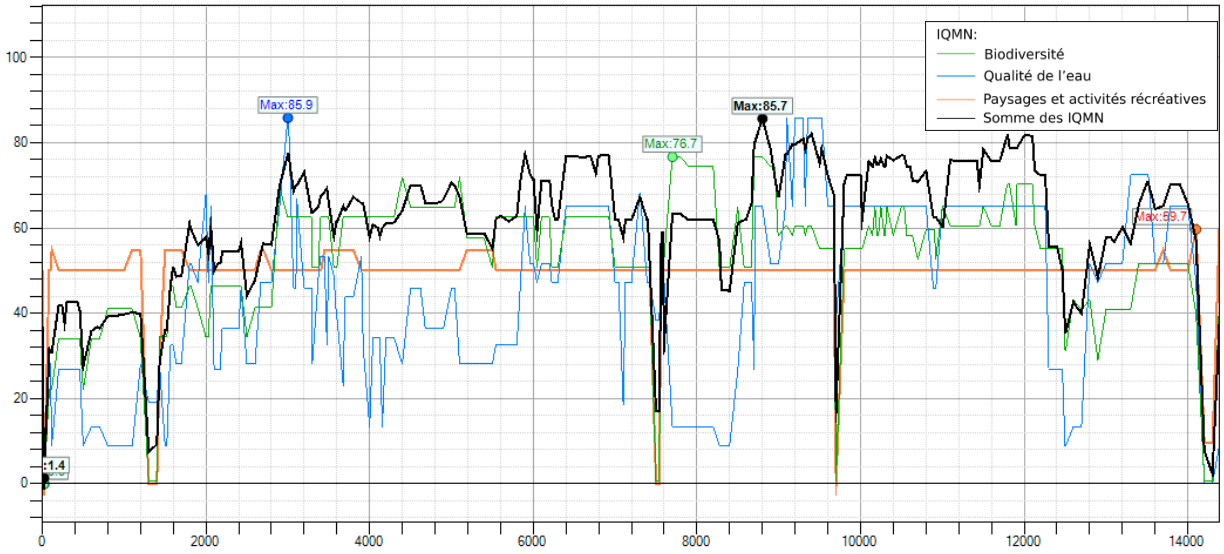


Figure 14 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor W (distance en mètre)

Somme des IQMN (corridor U, K, W)

Le corridor U présente la moyenne la plus élevée en termes de somme des IQMN avec une valeur de 66,3. Son pointage s'explique principalement par l'IQMN de biodiversité qui est élevé sur une bonne partie de son tracé. Alors que les indices de qualité de l'eau, de paysage et d'activité récréative affichent une valeur moyenne de 22,8 et de 32,5 respectivement. Ces indices qui ne sont ni faibles, ni élevés, mais plutôt moyens, sont constants tout au long du trajet, tel que montré à la figure 12.

Le corridor K arrive en second pour la moyenne la plus élevée avec une valeur de 63,0. Ce corridor contribue fortement en termes de qualité de l'eau tout en affichant une moyenne de 58,9 pour la biodiversité. Ce qui représente une contribution importante (5e rang). Par contre, au niveau des paysages et des activités récréatives, il n'atteint que 18,6 comme moyenne.

Enfin le corridor W affiche la troisième moyenne la plus élevée pour la somme des IQMN avec une valeur de 61,5. D'ailleurs, ce corridor affiche la moyenne la plus élevée en termes de paysages et d'activités récréatives. Pour ce qui est des deux autres IQMN, ils affichent des valeurs de 52,8 pour la biodiversité et de 46,3 pour la qualité de l'eau. Ce qui les places au 12e rang et au 7e rang respectivement pour ces deux indices.

7. Enjeux de conservation et options de mise en œuvre

Les résultats de l'étude sur les corridors écologiques pourront être utilisés comme base de connaissance, en complément à d'autres données et outils de planification du territoire, dans le cadre de dossiers en cours ou à venir à la CMQ, relativement à la protection des milieux naturels et de la biodiversité, comme le développement d'une trame verte et bleue ou encore le plan de gestion intégrée du fleuve Saint-Laurent – région de Québec.

En effet, les corridors écologiques peuvent servir de base à la réflexion pour les plans régionaux des milieux humide et hydrique. Notamment, la réalisation du plan de gestion des milieux humides et hydriques peut contribuer à une démarche plus large tenant compte de l'ensemble des milieux naturels (Dy et al., 2018). En établissant une vision territoriale d'ensemble et des enjeux de conservation, les élus, les gestionnaires de territoire et les décideurs seront mieux outillés pour favoriser l'harmonisation des usages observés à proximité des milieux naturels. De plus, une approche globale de conservation favorise également la résilience des écosystèmes, par leur maintien et leur rétablissement (Dy et al., 2018).

Toutes les données géomatiques de l'étude sont disponibles à la CMQ et il est possible de les adapter à la réalité de chacun des territoires, à l'aide de différents systèmes d'information géographique (SIG). Par exemple, il est possible d'utiliser les données des IQMN dans une approche de conservation globale afin de cibler les milieux importants pour des services écologiques donnés. Il est aussi possible de modifier les classes de valeurs afin de rétrécir ou d'élargir les corridors proposés ou encore de modifier les tracés afin d'intégrer de nouvelles informations. Une analyse supplémentaire des tracés permettrait d'identifier des sites dont le couvert naturel doit être restauré afin de rétablir une connectivité idéale afin de diminuer les distances entre les milieux naturels. Il ne s'agit ici que de quelques exemples d'utilisation des données à titre d'outil d'aide à la décision.

Chacun des corridors et des pôles de connectivité identifiés répondent à des enjeux de conservation différents et sont tributaires des critères de sélection retenus. Que ce soit en lien avec la qualité de l'eau de surface et souterraine, la protection de la biodiversité ou la valorisation des paysages et des activités récréatives, les moyens utilisés pour protéger les milieux naturels peuvent varier. À cela s'ajoute le défi de la conservation en milieu privé. En résumé, en fonction des enjeux de chacun des corridors, une série d'options de mise en œuvre est possible et doit être définie par les gestionnaires des territoires concernés.

Afin de favoriser la mise en valeur et la conservation du réseau de corridors écologiques, les résultats de la présente étude pourraient être introduits comme source d'information complémentaire à des outils d'aménagement et de développement du territoire. Ces informations pourraient ainsi permettre aux municipalités régionales de comtés et aux municipalités locales d'introduire à l'intérieur de leurs outils réglementaires des mesures visant à assurer la protection des composantes du milieu naturel ainsi que la connectivité écologique et structurelle des corridors. Des stratégies d'intendance privée pourraient également être mises de l'avant afin de protéger des parties privées de territoire.

Il existe donc différents outils mis à la disposition des acteurs et selon la situation en place afin d'assurer la pérennité des corridors écologiques. Les principaux outils sont le PMAD au niveau de la CMQ, le schéma

d'aménagement (SAD) au niveau des MRC ainsi que le plan d'urbanisme et le règlement de zonage au niveau des municipalités. Ces outils ont été mis en place à la suite de l'adoption de la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, L.R.Q., c. A19.1 (LAU).

Le PMAD

Le PMAD permet de faire des choix et de prendre des décisions en ce qui a trait à l'aménagement et le développement qui touchent l'ensemble des MRC, des villes et des agglomérations du territoire. Certaines mesures s'intègrent au PMAD, telles que la protection des rives, du littoral, des paysages, la mise en valeur des milieux naturels par la mise en place d'un réseau récréotouristique métropolitain et d'autres. Ainsi les corridors écologiques élaborés pourraient s'inscrire dans la Trame verte et bleue de la CMQ. Par exemple, la CMM a établi un objectif de protéger 17 % du territoire du Grand Montréal. Pour y parvenir une série de critères sont mis en place dont la protection des boisés et des corridors forestiers métropolitains.

Le SAD

Le schéma d'aménagement et de développement (SAD) est le document de planification qui établit les lignes directrices de l'organisation physique du territoire d'une municipalité régionale de comté (MRC). Il permet de coordonner les choix et les décisions qui touchent l'ensemble des municipalités concernées, le gouvernement, ses ministères et ses mandataires. Le schéma est, avant tout, un document d'intention formulé et conçu de manière à faire ressortir une vision régionale du développement durable. Mais c'est d'abord et avant tout un outil de planification qui doit, entre autres, déterminer toute partie du territoire présentant un intérêt d'ordre historique, culturel (notamment patrimonial au sens de la *Loi sur le patrimoine culturel*), esthétique ou écologique (p. ex. : ensemble patrimonial, habitat faunique) nécessitant des mesures particulières de protection et de mise en valeur (Robert, 2014).

Plan d'urbanisme (PU)

Le plan d'urbanisme est l'outil de planification utilisé au niveau de la municipalité. Il définit les lignes directrices de l'organisation spatiale et physique de la municipalité et énonce une vision d'ensemble de l'aménagement du territoire. Le PU doit respecter le SAD établit par la MRC, sans toutefois s'y restreindre. Le PU et le règlement de zonage permettent à la municipalité d'effectuer des regroupements de constructions et d'usages selon les différents critères environnementaux, fonctionnels et socio-économiques en plus de contrôler les constructions et les usages permis dans chacune des zones (Robert, 2014).

Outils de conservation privée

Plusieurs outils sont disponibles afin de protéger des terrains privés. Le tableau 7 résume les principaux outils mis en place. Il est tout de même important de rappeler que la conservation volontaire se caractérise par l'engagement volontaire d'une personne ou d'un propriétaire foncier, avec ou sans l'aide d'un organisme de conservation à conserver un milieu d'intérêt se trouvant sur sa propriété et dont la conservation présente un intérêt pour la collectivité.

Par ailleurs, il peut s'avérer intéressant de consulter des initiatives gouvernementales telles que le programme Prime-Vert du MAPAQ ou des groupes conseil en agroenvironnement afin d'évaluer quelles mesures peuvent être admissibles à de l'aide financière. Le programme Prime-Vert 2013-2018 vient tout juste de tomber à échéance et un nouveau programme sera bientôt disponible.

Ce programme venait en appui en agroenvironnement afin d'encourager la réalisation d'aménagements favorisant la biodiversité (MAPAQ, 2018).

De plus, pour les MRC, une option légale de conservation spécifique aux municipalités et MRC, soit la désignation d'un paysage humanisé visant la protection d'un territoire habité qui présente une biodiversité liée aux activités humaines. Il d'agit d'une entente entre une municipalité/MRC et le MDDELCC :

- Activités permises définies par concertation et consultations publiques, selon les balises du MDDELCC. Les activités humaines (foresterie, agriculture, tourisme, activités commerciales) réalisées en harmonie avec la nature sont acceptables;
- Gestion et surveillance partagées;
- Applicable en terres privées et publiques ;
- Pas d'incidence sur l'intégrité des titres des propriétés privées ;
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) ;
- Compatible avec les autres options; les propriétaires privés sur le territoire d'un paysage humanisé peuvent individuellement ajouter d'autres options de conservation à leur propriété;
- Application par réglementation municipale et zonage et inscription au schéma d'aménagement de la MRC ;
- La convention de protection prévoit les conditions pour renouveler et mettre fin à l'entente (LCPN, article 52).

Tableau 7 : Résumé des outils de conservation pour les propriétaires de terrains privés (MDDELCC, 2018; Longtin, B., 1996)

Participant à l'entente	Type de protection	Implication	Avantage fiscal	Entente légale
Entre propriétaires	Entente de conservation	Entente entre deux propriétaires, sans l'entremise d'organisme tierce pour préserver l'intégrité écologique de certains habitats traversant leurs propriétés	Non	Non
Entre un propriétaire et un organisme	Déclaration d'intention	Engagement moral entre un propriétaire et un organisme de conservation afin de réduire ou éliminer les activités pouvant nuire à la conservation d'un milieu naturel sur la propriété.	Non	Non
	Entente de gestion, d'aménagement et de mise en valeur	Entente entre un propriétaire et un organisme de conservation permettant la réalisation d'aménagements visant la mise en valeur des caractéristiques écologiques d'un habitat. Le propriétaire peut continuer ses activités forestières ou agricoles.	Non	Non
	Servitude de conservation	Entente juridique entre un propriétaire et un organisme de conservation visant à éviter pendant 30 ans ou à perpétuité des activités qui nuisent à des habitats naturels sur la propriété.	Possible	Oui
	Vente ou don à un organisme de conservation	Vente ou don d'une parcelle ou de la totalité d'une propriété à un organisme qui veillera à sa conservation à long terme. Code civil du Québec (articles 1177 à 1194).	Possible	Oui
Entre un propriétaire et le gouvernement	Réserve naturelle en milieu privé	Reconnaissance par laquelle le gouvernement désigne une propriété privée en tant que réserve naturelle en vertu de la *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (L.R.Q., c. C-61.01). La protection des propriétés écologiques est déterminée par une entente entre le propriétaire et le ministre ou entre le propriétaire et un organisme de conservation reconnu par le gouvernement.	Oui	Oui

8. Conclusion

La présente étude propose des tracés de corridors écologiques sur le territoire de la CMQ ainsi que sur celui concerné par la Table de concertation régionale pour la gestion intégrée du Saint-Laurent – Zone de Québec (TCRQ). Les corridors visent à établir une connectivité structurelle des milieux naturels basée sur trois catégories de services écologiques : la biodiversité, la qualité de l'eau ainsi que les paysages et activités récréatives. Afin d'évaluer l'apport des milieux naturels à chacun des services écologiques ciblés, des indices de qualité des milieux naturels (IQMN) ont été développés en suivant une méthode rigoureuse et validée par la CMQ. Ces indices ont par la suite été combinés afin de sélectionner les pôles de connectivité, puis de les relier en utilisant un algorithme de moindre coût, afin de créer les chemins et les corridors de moindre coût en ce qui concerne les services écologiques. Le scénario de corridors proposé est composé du chemin de moindre coût, du corridor adjacent et d'un potentiel d'élargissement. De plus, les données fournies contiennent les indices de qualité des milieux naturels (IQMN) qui sont le résultat d'analyses multicritères réalisées à partir de données spatiales et d'outils géomatiques. L'analyse a été réalisée à l'échelle du territoire de la CMQ et les résultats doivent être adaptés à la réalité locale avant d'être utilisés.

L'ensemble des résultats constitue avant tout un outil d'aide à la décision afin de contribuer au maintien des services écologiques jugés stratégiques pour la CMQ. Afin d'atteindre cet objectif, la reconnaissance des corridors écologiques, sous une forme de protection ou de conservation, est essentielle afin d'assurer la pérennité des milieux naturels et des services écologiques qui en découlent. Cette protection peut prendre plusieurs formes selon les besoins et la réalité locale.

En effet, l'ensemble des résultats peut être utilisé comme outil d'aide à la décision dans le cadre d'une planification du territoire comme la mise à jour d'un schéma d'aménagement afin de structurer la trame urbaine ou le développement urbain autour des milieux naturels clés, ou afin d'éviter les empiétements dans les milieux naturels à forte valeur. Les corridors écologiques et les IQMN pourraient aussi servir d'outils d'aide à la décision pour la mise en place de plans régionaux des milieux humides en ciblant ces milieux à l'intérieur des corridors établis. Ainsi, les données de la présente étude peuvent s'inscrire dans une multitude de démarches visant la conservation et la mise en valeur du territoire tout en protégeant les services écologiques.

L'intégration des corridors écologiques dans la Trame verte et bleue métropolitaine représente une occasion de mettre en place un réseau de milieux naturels. Un tel réseau permettrait de relier des éléments stratégiques de conservation tout en bonifiant l'offre récréotouristique pour les citoyens, fournissant ainsi un milieu de vie de qualité et en santé. Ce serait le cas, notamment, si on créait une trame verte et bleue composée de parcs urbains, de sentiers linéaires et de sites de conservation plus stricts, tels que les marais du Nord, le parc national de la Jacques-Cartier ou encore la réserve nationale de faune du Cap-Tourmente.

Les corridors écologiques peuvent contribuer à préserver la connectivité structurelle des écosystèmes et sont reconnus pour favoriser le maintien de la biodiversité, la survie des écosystèmes en place ainsi que l'adaptation aux changements climatiques. À titre d'exemple, la conservation des milieux humides et

hydriques favorise la rétention d'eau lors de fortes pluies et de la fonte des neiges, diminuant ainsi les risques d'inondation et d'érosion des rives des cours d'eau.

Enfin, le modèle qui a été développé dans le cadre du présent mandat peut constituer un outil d'aide à la décision en même temps que servir à orienter la gestion et le développement du territoire. Par contre, ce modèle est tributaire des données sources et de leur précision. Ce qui implique qu'une mise à jour des données sources nécessite un ajustement des résultats de la modélisation. C'est dans ce contexte que l'équipe de CIMA+ a développé cet outil. En effet, il peut être mis à jour par les gestionnaires du territoire, car l'ensemble des étapes de la modélisation géomatique est fourni avec la base de données spatiales. Le cas échéant, la base de données et la modélisation gagneraient à être mises à jour par les gestionnaires du territoire qui voudraient en faire un tel usage.

9. Références

Aller et coll., 1987 – Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R., Hackett, G. Drastic: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. National Water Well Association, Dublin, OH.

Avard K., 2013. Rôle régional des tourbières sur les eaux souterraines de la partie basse de la zone Bécancour, mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de la terre, Université du Québec à Montréal. 72 pages + annexes.

Bazoge, A., D. Lachance et C. Villeneuve, 2015. Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'écologie et de la conservation et Direction des politiques de l'eau, 64 pages + annexes.

Beier, P., D.R. Majka et W.D. Spencer, 2008, Forks in the Road: Choices in Procedures for Designing Wildland Linkages, Conservation Biology, 22, 4, pp. 836-851.

Bernier, A. et Théau J., Modélisation de réseaux écologiques et impacts des choix méthodologiques sur leur configuration spatiale : analyse de cas en Estrie (Québec, Canada), VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 13 Numéro 2 | septembre 2013, mis en ligne le 6 octobre 2013, consulté le 11 décembre 2017. URL : http://journals.openedition.org/vertigo/14105

Bourque, P.A. et Université Laval, Planète terre, département de géologie et de génie géologique de l'Université Laval, Québec, Site web disponible au : http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html, mis à jour le 2 août 2010.

Chevassus-au-Louis, Bernard, Jean-Michel Salles, Sabine Bielsa, Dominique Richard, Gilles Martin et Jean-Luc Pujol, 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes : contribution à la décision publique, Centre d'analyse stratégique, Premier ministre de la République française, avril, 376 pages.

Communauté métropolitaine de Québec (CMQ), en collaboration avec Conservation de la nature Canada (CNC), 2015. Milieux naturels d'intérêt pour la biodiversité sur le territoire de la CMQ. 64 pages.

Communauté métropolitaine de Québec, 2008. Le Schéma métropolitain d'aménagement et de développement du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec. Chapitre 8 : les territoires et sites d'intérêt patrimonial, esthétique, écologique et pour la récréation. 27 pages.

Communauté métropolitaine de Québec, 2013. Le Plan métropolitain d'aménagement et de développement du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec. 183 pages.

Communauté métropolitaine de Québec, 2017. Trame Verte et Bleue Métropolitaine, Plan d'ensemble des Monts et collines. 53 pages.

Conseil régional de l'environnement de la Vallée-du-Haut-Saint-Laurent, (CREVHSL), 2012. Planification opérationnelle des corridors verts dans la CRÉ Vallée-du-Haut-Saint-Laurent - Phase 1 (2011-2012). Rapport final préparé pour la Conférence régionale des élus Vallée du Haut-Saint-Laurent. 37 pages + annexes.

Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec (CRECQ), 2014. Principe d'élaboration des corridors naturels au Centre-du-Québec. 100 pages

Daniel Arbour et Associées (DAA), 2008. Étude des paysages de la Communauté métropolitaine de Québec, 86 pages + annexes.

Duchesne, S.*et al*., 1999. Guide de conservation des corridors forestiers en milieu agricole. Fondation des oiseleurs du Québec, Environnement Canada, Service canadien de la Faune, 60 pages.

Dy, Goulwen, Myriam Martel, Martin Joly et Geneviève Dufour-Tremblay, 2018. Les plans régionaux des milieux humides et hydriques– Démarche de réalisation. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité et Direction de l'agroenvironnement et du milieu hydrique, Québec, 73 p. [En ligne] http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/milieux-humides/plans-regionaux/guide-plans-regionaux.pdf.

Environnement Canada, 2004. Quand l'habitat est-il suffisant? 2e édition. Service canadien de la faune. 88 pages.

Environnement Canada, 2007. Oiseaux forestiers sensibles à la superficie de l'habitat en zone urbaine. 61 pages + annexe.

Évaluation des écosystèmes du millénaire, 2005. Disponible en ligne à : millenniumassessment.org/fr/index.aspx.

Gagnon, E., et G. Gangbazo, 2007. Efficacité des bandes riveraine : analyse de la documentation scientifique et perspectives, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, 17 pages.

Gonzalez A., C. Albert, B. Rayfield, M. Dumitru, A. Dabrowski, E. M. Bennett, J. Cardille, M. J. Lechowicz. 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. 68 pages + annexes.

Gonzalez, A., J. H. Lawton, F. S. Gilbert, T. M. Blackburn et I. Evans-Freke, 1998. « Meta-population Dynamics, Abundance, and Distribution in a Micro-ecosystem », Science, New Series, vol. 281, nº 5385, pages. 2045-2047.

Jenks G F, Caspall F.C.1971, Error on choroplethic maps: Definition, measurement, reduction. Annals of American Geographers, volume 61, p217-44.

Joly M., S. Primeau, M. Sager et A. Bazoge, 2008. Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides. Première édition, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs. 68pages.

Lefebvre, R., Ballard, J.-M., Carrier, M.-A., Vigneault, H., Beaudry, C., Berthot, L., Légaré-Couture, G., Parent, M., Laurencelle, M., Malet, X., Therrien, A., Michaud, A., Desjardins, J., Drouin, A., Cloutier, M.H., Grenier, J., Bourgault, M.-A., Larocque, M., Pellerin, S., Graveline, M.-H., Janos, D. et Molson, J. (2015). Portrait des ressources en eau souterraine en Chaudière-Appalaches, Québec, Canada. Projet réalisé conjointement par l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA) et le Regroupement des organismes de bassins versants de la Chaudière-Appalaches (OBV-CA) dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES), Rapport final INRS R-1580, soumis au MDDELCC en mars 2015.

Limoges, B., 2009. Biodiversité, services écologiques et bien-être humain. Le Naturaliste canadien, 133 (2) : 15-19.

Longtin, B. 1996. Options de conservation : guide du propriétaire, Centre québécois de l'environnement, Montréal, 100 pages.

McRae, B.H. et D.M. Kavanagh. 2011, Logiciel Linkage Mapper Connectivity Analysis, The Nature Conservancy, Seattle WA, disponible à l'adresse http://www.circuitscape.org/linkagemapper.

McRae, B.H., B.G. Dickson, T.H. Keitt et V.B. Shah, 2008. Using Circuit Theory to Model Connectivity in Ecology, Evolution and Conservation, Ecology, 89 (10) : 2712-2724.

McRae, B.H. et D.M. Kavanagh. 2014, Linkage Mapper User Guide, The Nature Conservancy, Seattle WA.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcherie et de l'Alimentation (MAPAQ), 2018. Prime-Vert, ressource en ligne, https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/programmesliste/agroenvironnement/Pages/primevert.aspx

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) et le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) 2014. Guide de gestion des eaux pluviales. Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain. 364 pages + annexes.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2015. Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Direction des politiques sur l'eau.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2018. La conservation volontaire : vous pouvez faire la différence, principales options de conservation légales pour les propriétaires privés, mise à jour mars 2018.

Mitchell, M.G.E., Bennett, E.M., Gonzalez, A., 2013, Linking landscape connectivity and ecosystem service provision: Current knowledge and research gaps, Ecosystems, n° 16, p. 894-908.

Nordén, E., 2016, Comparison between three landscape analysis tools to aid conservation efforts, thèse de maîtrise en géomatique, Department of Physical Geography and Ecosystem Science, Lund University

Organisme de Bassin Versant (OBV) de la Capitale Nationale. Plans directeurs de l'eau. Version approuvée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques le 26 août 2016. Disponible sur le site internet : http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/introduction2e

Pellerin S., M. Larocque et M. Lavoie, 2008. Rôle hydrologique et écologique régional de la tourbière de Covey hill 58pages + annexes.

Phua, M. et M. Minowa, 2005, A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale : a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia, Landscape and Urban Planning, 71, 2-4, pp. 207-222.

Pitt, Robert, E.Clark, Shirley et Lake, Donald. 2007. Construction Site Erosion and Sediment Controls. DEStech Publications Inc. 377 pages.

Robert, Gabrielle, 2014, Conservation des réseaux écologiques et aménagement durable du territoire: cas de la ville de Granby, essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, 108p.

Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill,

Saucier, J.-P., A. Robitaille, P. Grondin, J.-F. Bergeron et J. Gosselin, 2011. Les régions écologiques du Québec méridional (4 versions). Carte à l'échelle de 1 / 1 250 000. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec.

Schueler, T. (2008). Technical support for the Bay-wide runoff reduction method. Chesapeake Stormwater Network. Baltimore, MD www.chesapeakestormwater.net

Service canadien des forêts (SCF), 2011. Points saillants sur la science. Comment la complexité structurelle de la forêt boréale de l'Est influence-t-elle la biodiversité? Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Administration centrale, Ottawa. 2 pages.

Stephens, J. *et al*. (2002). Stormwater planning. A Guidebook for Bristish Columbia. British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection, Vancouver, C.-B.

Talbot Poulin, M.C., Comeau, G., Tremblay, Y., Therrien, R., Nadeau, M.M., Lemieux, J.M., Molson, J., Fortier, R., Therrien, P., Lamarche, L., Donati-Daoust, F., Bérubé, S. (2013). Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec, Rapport final. Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, mars 2013, 172 pages, 19 annexes, 28 cartes.

Taylor, P.D., L. Fahrig et K.A. With, 2006. Landscape connectivity: a return to the basics. Connectivity Conservation (eds K.R. Crooks & M. Sanjayan), pp. 29–43. Cambridge University Press, Cambridge.

Tewksbury, J.J., Levey, D.J., Haddad, N.M., Sargent, S., Orrock, J.L., Weldon, A., Danielson, B.J., Brinkerhoff, J., Damschen, E.I., Townsend, P., 2002. Corridors Affect Plants, Animals, and Their Interactions in Fragmented Landscapes. Ecology, 99 (20):1223-1226.

Vanpeene-Bruhier S. et C. Bourdil. Efficacité des corridors : qu'en savons-nous vraiment ? Sciences Eaux & Territoires n°14 – 2014. P. 8-13

ANNEXE A

Synthèse de la revue des démarches comparables

Étude (document)	Type de document	Auteur	Année de publication	Objectif	Territoire à l'étude	Type de connectivité recherché	Outil géomatique utilisé	Type de pôle de connectivité	Caractérisation des corridors	Fait saillant
Modélisation de réseaux écologiques et impacts des choix méthodologiques sur leur configuration spatiale, analyse de cas en Estrie (Québec), Canada	Article (VertigO)	Amélie Bernier et Jérôme Théau	2013	L'objectif de cette étude est de tester différentes méthodes à deux étapes d'élaboration d'un réseau écologique visant à répondre à un même objectif de conservation et de comparer les réseaux écologiques résultants.	Bassin versant de la rivière au Saumon Ouest, sous bassin de la rivière Saint-François, Estrie.	Fonctionnelle	Spatial analyst (cost path, cost distance) et Corridor Designer	Trois approches abordées : 1) aires protégées, 2) analyse multicritère (AMC) et 3) qualité de l'habitat (IQH) . Seuls l'AMC et l'IQH ont été utilisés pour la délimitation des pôles de connectivité	Peu de détails, mais caractérisation des corridors selon leur configuration (longueur, largeur, etc.) et leur qualité.	- Utilise une espèce cible et non pas les services écologiques en général. - Deux points choisis en fonction du bassin versant en plus des noyaux de conservation. - La largeur minimale des corridors est bien expliquée ("Le corridor idéal doit donc avoir une largeur suffisante pour être en mesure de remplir son rôle écologique tout en étant réaliste quant à son implantation.") - La méthode AMC utilise des données d'occupation du sol de piètre qualité (1:250 000) provenant d'imagerie Landsat, ce qui provoque d'importantes différences spatiales entre la méthode IQH et la méthode AMC. Seule l'AMC utilise les données Landsat. - Peu de détail sur l'utilisation des logiciels. Il est important de connaître les limites du modèle géomatique utilisé en fonction des différents choix méthodologiques à prendre dans le cadre du projet. Il est important de mettre en évidence les incertitudes selon ces considérations méthodologiques.
Réseaux écologiques à l'échelle d'un bassin versant: analyse comparative d'approches conceptuelles	Essai de maîtrise	Amélie Bernier et Jérôme Théau	2012	Comparer différentes approches monospécifiques, multispécifiques et de paysage dans la composition de corridor	Pas de territoire	Fonctionnelle	ArcGIS et de script maison. Dévoilé lors de l'entrevue téléphonique	Noyau en fonction des IQH de chaque espèce dans le cas des mono et multi spécifique. Extraction des valeurs d'IQH par seuil de valeur en débutant par les valeurs les plus élevées. Fusion des polygones résultants jusqu'à l'obtention des noyaux. Par contre, pour les paysages, le choix de la taille des noyaux a été effectué à partir de l'ours noir, puisqu'il a un grand domaine vital.	Partiellement puisque des calculs de performance sont effectués. Par exemple ratio longueur/largeur, etc.	-La méthode manque de détails quant à la sélection des seuils d'IQH qui servent à l'identification des pôles de connectivité. -Très intéressant pour recenser différentes approches méthodologiques et comparer leur performance. -La méthode géomatique est illustrée via des graphiques méthodologiques.
Identification et caractérisation des corridors écologiques adjacents au parc de la Gatineau	Rapport	Del Degan Massé	2012	Identification et caractérisation des corridors écologiques adjacents au parc de la Gatineau	Périphérie du parc de La Gatineau, Outaouais	Fonctionnelle	Choix des corridors via une approche de paysage (délimitation visuelle à main levée)	Délimitation des parcs nationaux	Caractérisation des corridors selon son unicité, sa valeur écologique, son potentiel de gestion, des inventaires fauniques.	-Méthode simple utilisée pour la délimitation des corridors. -Il s'agit d'une méthode dite par identification visuelle (terme provenant du guide du CRECQ, 2014) en utilisant quelques critères. Plus dans l'objectif d'un filtre grossier.
Rapport synthèse de la démarche d'identification des corridors naturels et guide d'utilisation de l'outil d'aide à la décision, bassins versants des rivières Saint-Germain, des Rosiers et Saint-Zéphirin, Centre-du-Québec	Rapport synthèse	AGTCQ, CREQ	2015	Présenter un exemple concret d'application de l'outil d'aide à la décision dans le bassin versant de la rivière Saint-Germain, suite à la publication du guide sur les principes d'élaboration des corridors écologiques. Guide de vulgarisation pour l'identification des corridors naturels en milieu agricole	Bassins versants des rivières Saint-Germain, des Rosiers et Saint-Zéphirin, Centre-du-Québec	Fonctionnelle et indirectement structurelle	ArcGIS et Corridor Designer	Identification visuelle	Caractérisation des corridors selon la présence de goulot d'étranglement, les dimensions du polygone, l'occupation du territoire	-Démarche intéressante illustrant la méthode du CRECQ (2014) avec un exemple concret -Néanmoins, peu de détails sur le fonctionnement des outils géomatiques ainsi que sur la justification des critères et la pondération utilisée
Conservation des réseaux écologiques et aménagement durable du territoire : cas de la ville de Granby	Essai de maîtrise	Gabrielle Robert et Marc-André Guertin	2014	Présenter l'application du concept de réseau écologique contribuant au maintien de l'intégrité des écosystèmes et de la biodiversité en favorisant la connectivité. Analyse des options possibles afin de mettre en lumière les outils et compétences que les MRC et municipalités locales ont à leur disposition Il s'agit donc d'une étude se rapprochant un peu plus du concept de service écologique plutôt que de corridor pour la faune. De plus, les enjeux d'urbanisme sont mis en lumière dans cette étude.	Ville de Granby, Montérégie	Fonctionnelle	ArcGIS et Spatial analyst Basé sur une analyse de moindre coût Analyse visuelle de peaufinement des corridors Analyse de voisinage pour le post-traitement des corridors	Analyse multicritère de Granby (voir Gauthier et Guertin, 2012). Seuls les polygones de plus de 2,5 km² et ayant une cote très élevée ont été sélectionnés. Une validation par photo-interprétation a aussi été utilisée. Au total, 13 pôles de connectivité ont été identifiés.	Intégrité écologique avec un ratio de longueur à largeur, ce qui a permis de hiérarchiser les corridors. Équation : 1. distance du corridor en milieu naturel / distance totale du corridor 2. superficie du corridor en milieu naturel / superficie totale Puis une analyse de typologie de fracture selon un poids de résistance aux déplacements (boisé vs agricole vs urbain). Analyse difficile à comprendre? En terminant, une caractérisation détaillée textuellement est effectuée.	-Analyse géomatique très simplifiée et peu d'explications sur celle-ci. -La présentation du contexte et des outils pour les MRC et municipalités est étoffée. -L'analyse de fractures et corridors est difficile à comprendre, peu d'illustrations. Analyse intéressante au niveau de la caractérisation des corridors.
Planification opérationnelle des corridors verts dans la CRÉ Vallée-du-Haut-Saint-Laurent, Phase 1 (2011-2012)	Rapport	SCABRIC et Nature Action Québec. Kathleen Boothroyd-Roberts et Marie-Pier Prairie	2012	Planification des corridors verts dans le cadre du plan régional de développement intégré des ressources naturelles et du territoire (PRDIRT) de la Conférence régionale des élus (CRÉ) Vallée-du-Haut-Saint-Laurent	MRC du Haut-Saint-Laurent, Montérégie	Fonctionnelle et indirectement structurelle	Linkage Mapper	Identification des pôles de connectivité tirée d'une autre étude. Aucun détail présenté dans le rapport, mais probablement issu d'une analyse multicritère visant à évaluer la qualité des habitats	Pas de caractérisation des corridors	-Approche des corridors par habitat plutôt que par espèce. -Démarche issue d'une concertation de plusieurs intervenants, notamment pour l'évaluation du poids des critères. -Utilisation de quatre modèles avec différents poids relatifs des critères. L'identification de plusieurs tracés identiques selon le modèle indique que le résultat est stable. -Les résultats sont fortement liés à la fiabilité des données disponibles, liste des données manquantes ou à obtenir pour raffiner le modèle. -Ce modèle mathématique est simple et fiable, mais implique des décisions subjectives qui peuvent influencer le résultat (ex., le poids relatif des critères) ; Résultat cartographique considéré comme un outil d'aide à la décision qui peut servir à orienter les actions des divers intervenants du territoire.
Comparison between three landscape analysis tools to aid conservation efforts	Essai de maîtrise	Elsa Nordén	2016	Comparaison de différents outils GIS pour l'identification de corridors avec des exemples concrets	Territoire de 625 km^2 dans le sud de la Suède	Fonctionnelle	Graphab, Likage Mapper et circuit scape	Sélection des habitats potentiels des espèces ciblées selon les résultats de l'indice de qualité d'habitat	Mise en évidence des goulots d'étranglement des corridors	-ntéressant pour le choix de l'outil GIS. Les logiciels LinkageMapper et Circuitscape identifient plus de détails sur les liens possibles entre les pôles que Corridor Designer. -Circuitscape montre des résultats visuels complètement différents, puisqu'au lieu d'identifier des corridors, il symbolise la facilité de mouvement sur l'ensemble de la matrice de résistance. -LinkageMapper et Graphab sont plus faciles a utiliser et à interpréter. Graphab et LinkageMapper identifient le meilleur chemin de connectivité entre deux pôles, tandis que CircuitScape identifie le patron de facilité de mouvement sur l'ensemble de la matrice de résistance.
Forks in the Road: Choices in Procedures for Designing Wildland Linkages	Article	Paul Beier, Daniel R. Majka, et Wayne D. Spencer	2008	Élaboration d'un cheminement type sur le questionnement nécessaire à la prise de différentes décisions pour paramétrer l'identification des corridors	Pas de territoire	Fonctionnelle	Aucun outil de préciser	Sélection des habitats potentiels des espèces ciblées selon les résultats de l'indice de qualité d'habitat	Caractérisation des corridors selon la présence de goulot d'étranglement, la qualité de l'habitat, la distance à relier entre les habitats dans le cadre d'un paysage fragmenté	-Il est important de connaître les limites du modèle géomatique utilisé en fonction des différents choix méthodologiques à prendre dans le cadre du projet. -Il est important de mettre en évidence les incertitudes selon ces considérations méthodologiques. L'avantage d'une connectivité faunique est que les résultats théoriques de la modélisation peuvent être validés avec des études sur le terrain.

ANNEXE B

Critères de sélection des milieux naturels selon les services écologiques valorisés rendus

IQMN - BIODIVERSITÉ

Sous-catégorie	Critère	CMQ	TNO	Bellechasse	Description	Élément considéré	Classe	Sélection SIG	Pointage
Élément d'intérêt	Maturité du peuplement forestier et de l'association végétale	X	X	X	Âge du peuplement forestier	Polygone forestier à l'intérieur des milieux naturels terrestres	Vieille forêt	VIN, VIR, 120, 120XX	100
							Forêt mature	50, 70, 90 50XX, 70XX, 90XX	60
							Forêt jeune	10, 30, 30XX, JIN, JIR	40
							Friche et petit boisé	Tous les autres polygones sans classe d'âge (après avoir retiré LTE, eau peu profonde et le fleuve)	20
					Ajout de territoire non urbanisé susceptible de compléter un corridor	Ajout en complément des complexes de milieux naturels terrestres et aquatiques	Ligne de transport d'énergie (LTE) et agricole	LTE et Agricole	5
	Présence d'espèces à statut	X	X	X	Protection des superficies de milieux naturels autour des occurrences	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	Présence	Sélection du ou des complexes dans un rayon de 50 mètres autour des occurrences.	100
		X	X	x	Aires protégées au Québec	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	Ecosystème forestier exceptionnel (privé et public)	sélection de l'entité	100
							Habitat faunique	sélection de l'entité	100
							Milieu naturel de conservation volontaire	sélection de l'entité	100
							Parc national du Québec	sélection de l'entité	100
							Refuge biologique	sélection de l'entité	100
							Réserve écologique	sélection de l'entité	100
							Réserve nationale de faune	sélection de l'entité	100
							Réserve naturelle reconnue	sélection de l'entité	100
	Présence de milieux naturels protégés et d'intérêt	X	X	X	Proximité avec les milieux naturels protégés et d'intérêt	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques autour des milieux naturels protégés et d'intérêts	Secteur contigu	0 à 500 m	50
		X	X	X	Aires protégées projetées	PACES-CMQ et PACES-Chaudière-Appalaches, à l'exception des milieux bati de la couche d'occupation du sol	Aire protégée projetée	sélection de l'entité	75
		X			Mileu naturels d'intérêt local MRC	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	Territoire d'intérêt écologique de la ville de Qc, parcs et espaces vert (PEV) et conservation naturelle (CN)	sélection de l'entité	50
		X					Territoire d'intérêt naturel de la MRC de la Jaques-Cartier	sélection de l'entité	50
				X			Territoire d'intéret écologique MRC de Bellechasse	sélection de l'entité	50
		X					Milieux naturels inclus dans le plan de gestion de la Ville de Lévis	sélection de l'entité	50
Fonction écologique	Superficie du milieu naturel intérieur	X	X	X	Superficie du milieu naturel après avoir retranché 200 m de distance tampon à l'intérieur du polygone	Complexe de milieux naturels terrestres	Petite	0-40 ha	25
							Moyenne	41-100 ha	50
							Grande	101-500 ha	75
							Très grande	>500 ha	100
	Milieux humides d'intérêt pour la biodiversité identifiés par l'étude de la CMQ	X	X		Les milieux humides d'intérêt ont été identifiés via le filtre grossier de l'étude de la CMQ (2015)	Polygone de milieux humides	Intérêt élevé	sélection de l'entité	100
							Intérêt modéré	sélection de l'entité	50
	Proximité et connectivité	X	X	X	Taille des complexes formés par l'union des milieux naturels étant à moins de 20 mètres l'un de l'autre	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	10 classes avec un bris naturel (Jenks) en fonction la taille du complexe	Classe 1 superficie >56493965,32 m²	100
								Classe 2 superficie >26323523,63 et ≤56493965,32 m²	90
								Classe 3 superficie >9054642,19 et ≤26323523,63 m²	80
								Classe 4 superficie >4375129,96 et ≤9054642,19 m²	70
								Classe 5 superficie >2728320,27 et ≤4375129,96 m²	60
								Classe 6 superficie >1488948,25 et ≤2728320,27 m²	50
								Classe 7 superficie >826724.50 et ≤1488948.25 m²	40
								Classe 8 superficie >333929,79 et ≤826724,50 m²	30
								Classe 9 superficie >82673,77 et ≤ 333929,79 m²	20
								Classe 10 superficie ≤82673,77 m	10

IQMN - QUALITÉ DE L'EAU DE SURFACE ET SOUTERRAINE

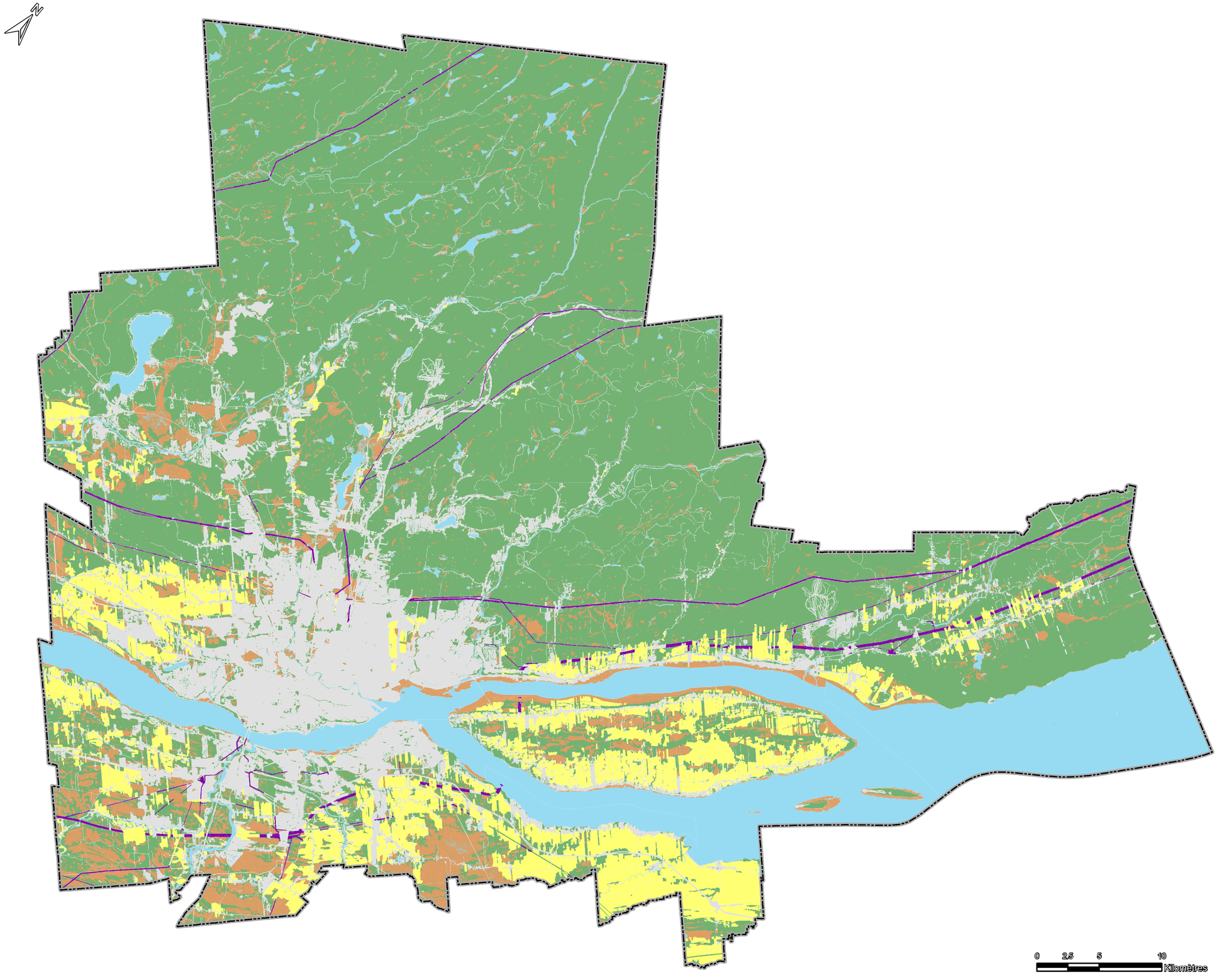
Sous-catégorie	Critère	CMQ	TNO	Bellechasse	Description	Élément considéré	Classe	Sélection SIG	Pointage
Eau de surface	Présence de bande riveraine	X	X	X	Quantité de bande riveraine sur le bord des cours d'eau	Complexe de milieux naturels terrestres	Une seule largeur de 10 mètres	10 mètres en milieu naturel	100
	Dégradation des bassins versants et valeur de conservation des milieux naturels	X	X	X	Critère évalué selon le % d'imperméabilisation du bassin naturel (Schueler, 2008; chap 2 gestion eaux pluviales)	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	En fonction de la quantité de milieu bâti dans le bassin versant	0 à 10 % 11 à 25 % 26 % à 59 % >60%	25 50 75 100
	Milieux naturels (boisés) en pente dans les sous-bassins versants dégradés (Beauport et Du Moulin) et prise d'eau potable	X	X	X	Ce critère donne de l'importance de conservation aux boisés localisés sur de fortes pentes à l'intérieur des sous-bassins versants dégradés. Ce critère se rapport aux mesures prises dans les SAD visant à protéger les milieux naturels en pente forte dans un souci d'éviter de dégradé davantage la qualité de l'eau des rivières.	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques dans les bassins versants d'eau potable et les bassins versants fortement perturbés. Ces derniers proviennent de l'analyse de dégradation des bassins versants réalisé précédemment	En fonction de la classe de pente	0 à 15 % 15 à 25 % > 25%	0 50 100
	Capacité de rétention des milieux humides	X	X	X	Classification selon le type de milieu humide	Milieux humides de Canards Iliimités Canada	Forte rétention Moyenne rétention	Sélection des tourbières Sélection et marécages	100 25
Eau souterraine	Indice de vulnérabilité « drastic »	X	X	X	Permet d'identifier les zones les plus vulnérables à la contamination et de fournir un outil d'aide à la prise de décision pour aménager le territoire, tout en protégeant la ressource en eau souterraine. Les données utilisées sont tirées des PACES de la CMQ et de Chaudière-Appalaches	L'ensemble de la zone d'étude, à l'exception des milieux bâtis de la couche d'occupation du sol	Classification des données selon la méthode des quantiles	44-123 123-127 127-137 137-191	0 25 50 100

IQMN - PAYSAGE ET ACTIVITÉS RÉCRÉATIVES

Sous-catégorie	Critère	CMQ	TNO	Bellechasse	Description	Élément considéré	Classe	Sélection SIG	Pointage
Esthétisme du paysage	Hiérarchisation des unités de paysage de la CMQ	X	X		Valorisation des 139 unités de paysage de la CMQ	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	Intérêt métropolitain + fleuve	Sélection de l'entité	100
							Intérêt supra-local	Sélection de l'entité	50
							Intérêt local	Sélection de l'entité	25
							Intérêt local (milieux naturels)	Sélection de l'entité	0
	Paysages valorisés au niveau des MRC	X	X	X	Éléments de plus petite échelle identifiés au SAD des MRC (ex: crans rocheux de la ville de Lévis, boisés de l'île d'Orléans)	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	Présence	Sélection de l'entité	100
	Rivières et plans d'eau d'intérêt métropolitain	X	X		Fleuve St-Laurent, rivières Jacques-Cartier, Cap-Rouge, Saint-Charles et du Berger, Beauport, Montmorency, Sainte-Anne-du-Nord, Beaurivage, Chaudière Etchemins	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	Présence	Sélection de l'entité + buffer de 200 m	100
					Lac Saint-Charles, lac Saint-Joseph, lac Beauport, lac Saint-Augustin	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	Présence	Sélection de l'entité + buffer de 200 m	100
	Rivières d'intérêt local	X	X	X	Rivières identifiées par les représentants des MRC	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	Présence	Sélection de l'entité + buffer de 100 m	50
	Fréquence de visibilité	X	X		Valorisation des bassins visuels de la CMQ, à partir du fleuve	L'ensemble de la zone d'étude, à l'exception des milieux bâtis de la couche d'occupation du sol	Faiblement visible	Sélection de l'entité (1-10)	25
							Moyennement visible	Sélection de l'entité (11 - 50)	50
							Fortement visible	Sélection de l'entité (51-et +)	100
Activités récréatives	Éléments valorisés par leur accès et les activités récréatives	X	X	X	Parcs boisés urbains Parc de la Jacques-Cartier Parc de Cap-Tourmente TNO Station écotouristique Duchesnay Station touristique Mont-Sainte-Anne Mont Wright Station touristique Stoneham Sentier du moulin Secteur récréotouristique Wendake	Complexe de milieux naturels terrestres et aquatiques	Présence	Sélection de l'entité	25

ANNEXE C

Dossier cartographique, cartes 1 à 10

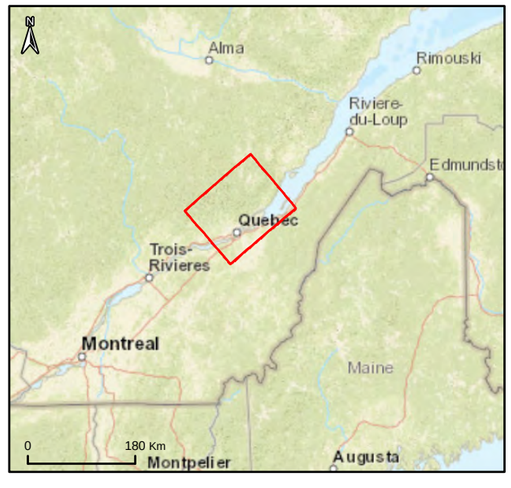


Localisation

Limite du territoire à l'étude

Occupation du sol

- Milieu forestier
- Milieu humide
- Cours d'eau et plan d'eau
- Ligne de transport électrique
- Milieu agricole
- Milieu bâti



Communauté métropolitaine de Québec

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CMQ ET DE LA TCRQ

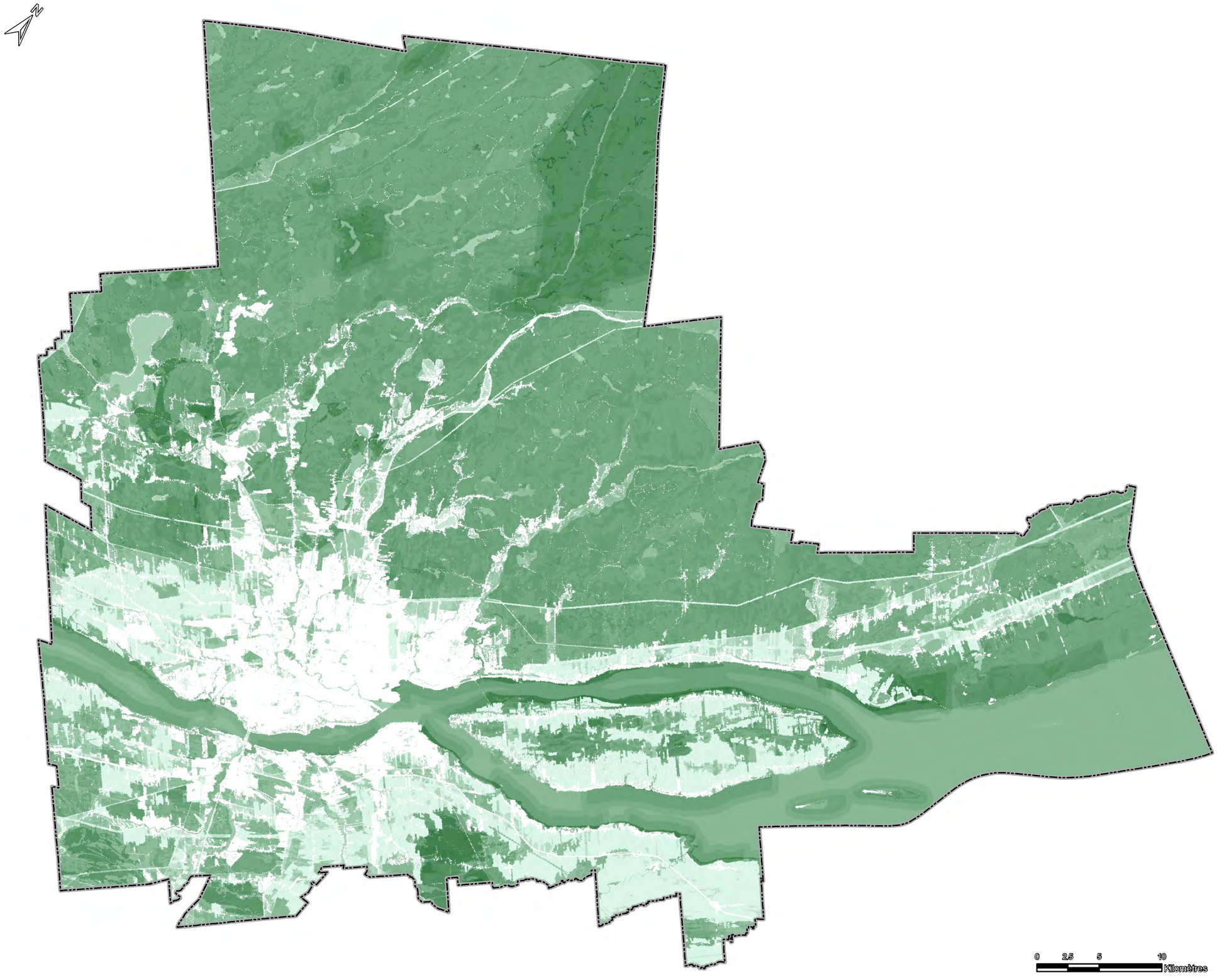
Carte 1 : Mise à jour de l'occupation des milieux naturels terrestres et aquatiques

QR0173A

juillet 2018

Échelle: 1:300 000
Rotation : 320 degré
Projection: NAD 1983 MTM zone 7
Fichier: QR0173A_ENV_carte1.mxd
Source: CIMA+, CMQ 2016, ESRI imagerie
Préparé par : Jean-François Labelle
Vérifié par : Christian Gagnon

CIMA+ Partenaire de génie



Localisation

Limite du territoire à l'étude

Indice de qualité des milieux naturels - Biodiversité

Valeur

Elevée : 90.235

Faible : 0



Communauté métropolitaine de Québec

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CMQ ET DE LA TCRQ

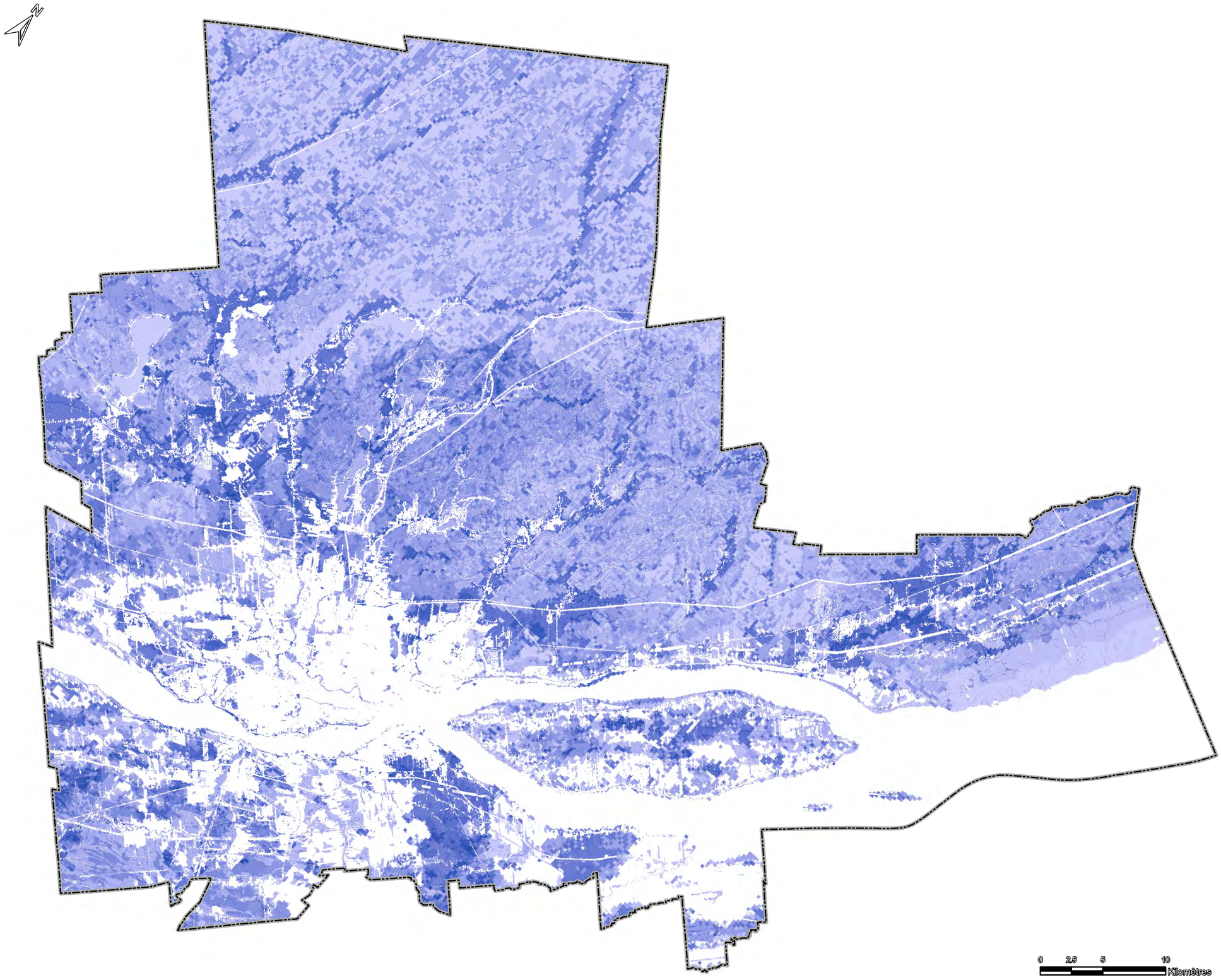
Carte 2 : Importance des services écologiques des milieux naturels pour le maintien de la biodiversité

QR0173A

juillet 2018

Échelle: 1:300 000
Rotation : 320 degré
Projection: NAD 1983 MTM zone 7
Fichier: QR0173A_ENV_carte2.mxd
Source: CIMA+, CMQ 2016, ESRI imagerie
Préparé par : Jean-François Labelle
Vérifié par : Christian Gagnon

CIMA+ Partenaire de génie



Localisation

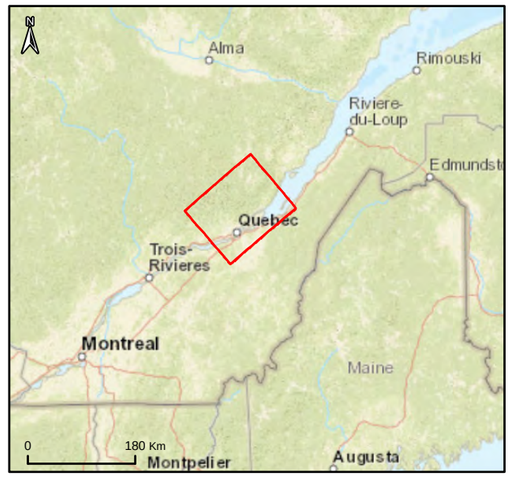
Limite du territoire à l'étude

Indice de qualité des milieux naturels - Qualité de l'eau de surface et de l'eau souterraine

Valeur

Elevée : 88.78

Faible : 0



Communauté métropolitaine de Québec

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CMQ ET DE LA TCRQ

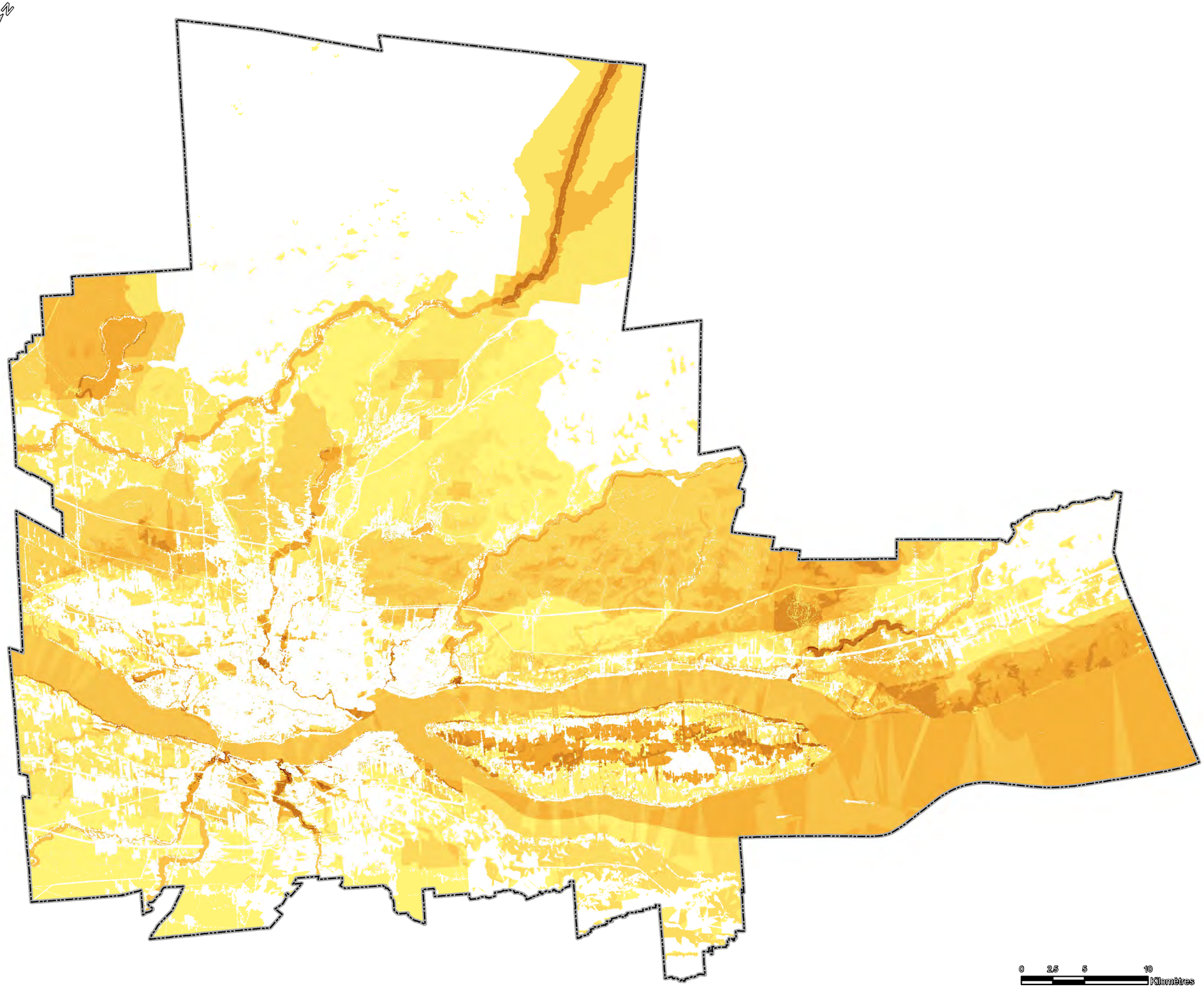
Carte 3 : Importance des services écologiques des milieux naturels pour le maintien de la qualité de l'eau de surface et de l'eau souterraine

QR0173A

juillet 2018

Échelle: 1:300 000
Rotation : 320 degré
Projection: NAD 1983 MTM zone 7
Fichier: QR0173A_ENV_carte3.mxd
Source: CIMA+, CMQ 2016, ESRI imagerie
Préparé par : Jean-François Labelle
Vérifié par : Christian Gagnon

CIMA+ Partenaire de génie



Localisation

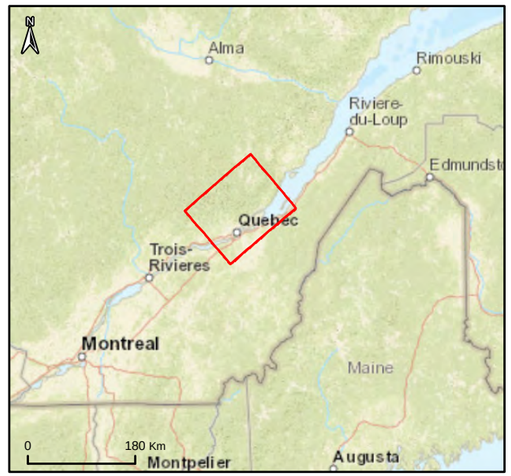
Limite du territoire à l'étude

Indice de qualité des milieux naturels - Paysage et activité récréative

Valeur

Elevée : 56.96

Faible : 0



Communauté métropolitaine de Québec

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CMQ ET DE LA TCRQ

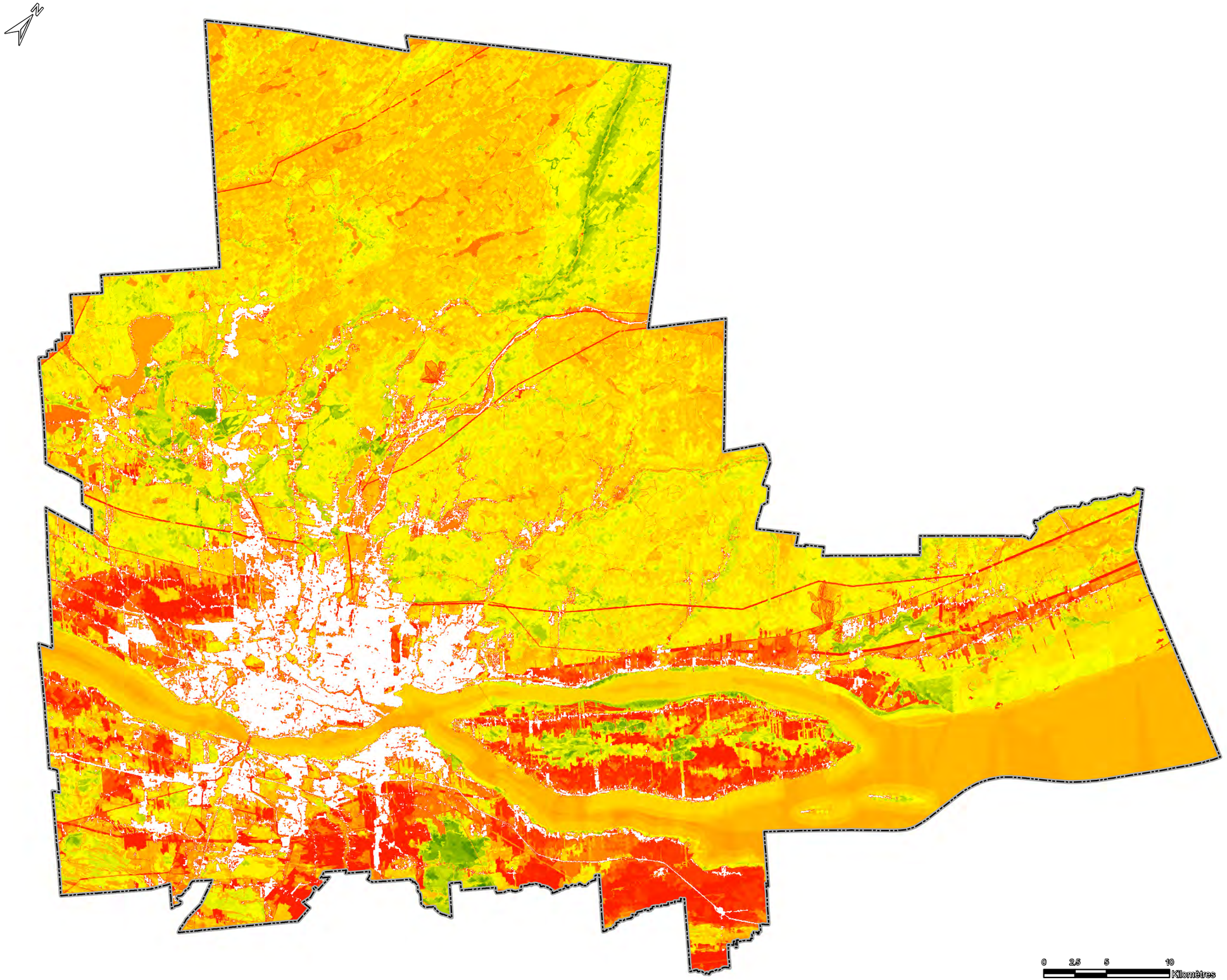
Carte 4 : Importance des services écologiques des milieux naturels pour la valorisation des paysages et des activités récréatives

QR0173A

juillet 2018

Échelle: 1:300 000
Rotation : 320 degré
Projection: NAD 1983 MTM zone 7
Fichier: QR0173A_ENV_carte4.mxd
Source: CIMA+, CMQ 2016, ESRI imagerie
Préparé par : Jean-François Labelle
Vérifié par : Christian Gagnon

CIMA+ Partenaire de génie



Localisation

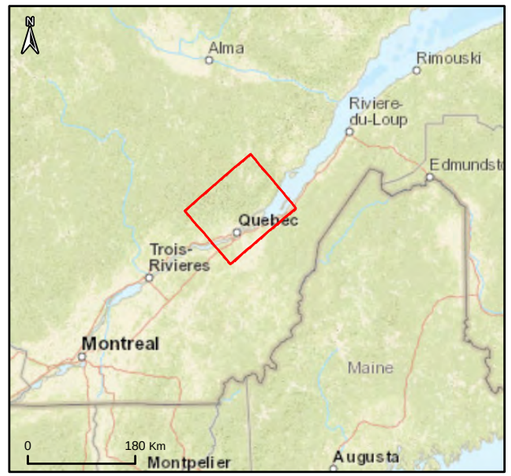
Limite du territoire à l'étude

Somme pondérée des indices de qualité des milieux naturels

Valeur

Elevée : 100

Faible : 0



Communauté métropolitaine de Québec

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CMQ ET DE LA TCRQ

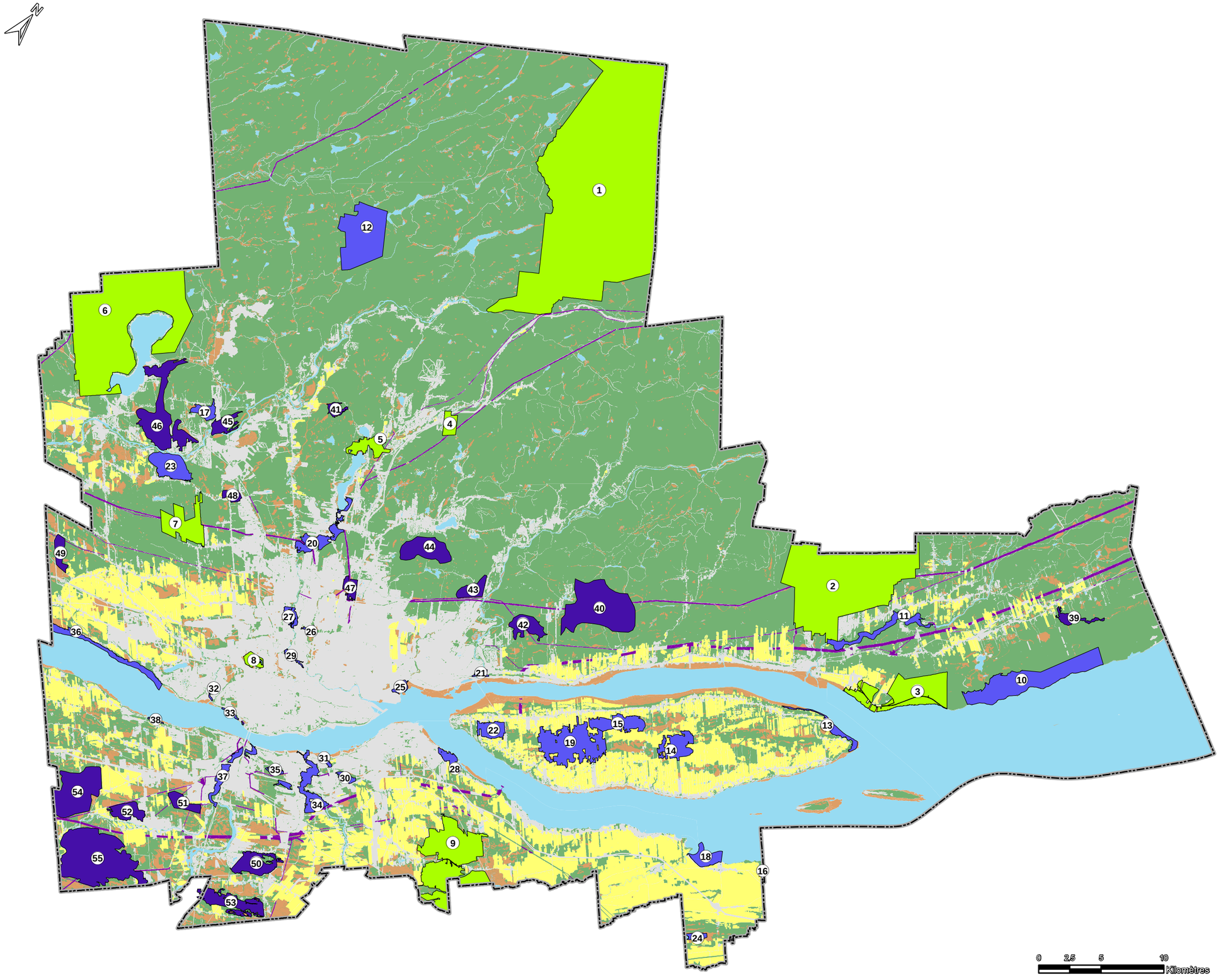
Carte 5 : Somme pondérée des indices de qualité des milieux naturels

QR0173A

juillet 2018

Échelle: 1:300 000
Rotation : 320 degré
Projection: NAD 1983 MTM zone 7
Fichier: QR0173A_ENV_carte5.mxd
Source: CIMA+, CMQ 2016, ESRI imagerie
Préparé par : Jean-François Labelle
Vérifié par : Christian Gagnon

CIMA+ Partenaire de génie



Localisation

- Limite du territoire à l'étude

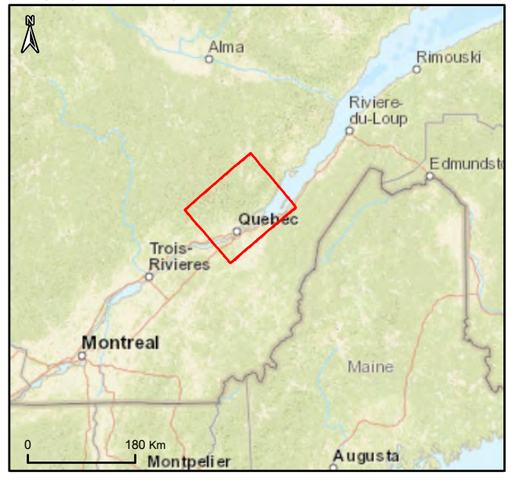
Pôle de connectivité

- Niveau 1 : Noyaux principaux - Parcs naturels d'intérêt métropolitain
- Niveau 2A : Affectations de conservation
- Niveau 2B : Milieux naturels d'intérêt élevé
- 01 Identiant unique du pôle de connectivité*

Occupation du sol

- Milieu forestier
- Milieu humide
- Cours d'eau et plan d'eau
- Ligne de transport électrique
- Milieu agricole
- Milieu bâti

*Pour plus d'information voir le tableau 4 du rapport d'étape (CIMA+, 2017).



Communauté métropolitaine de Québec

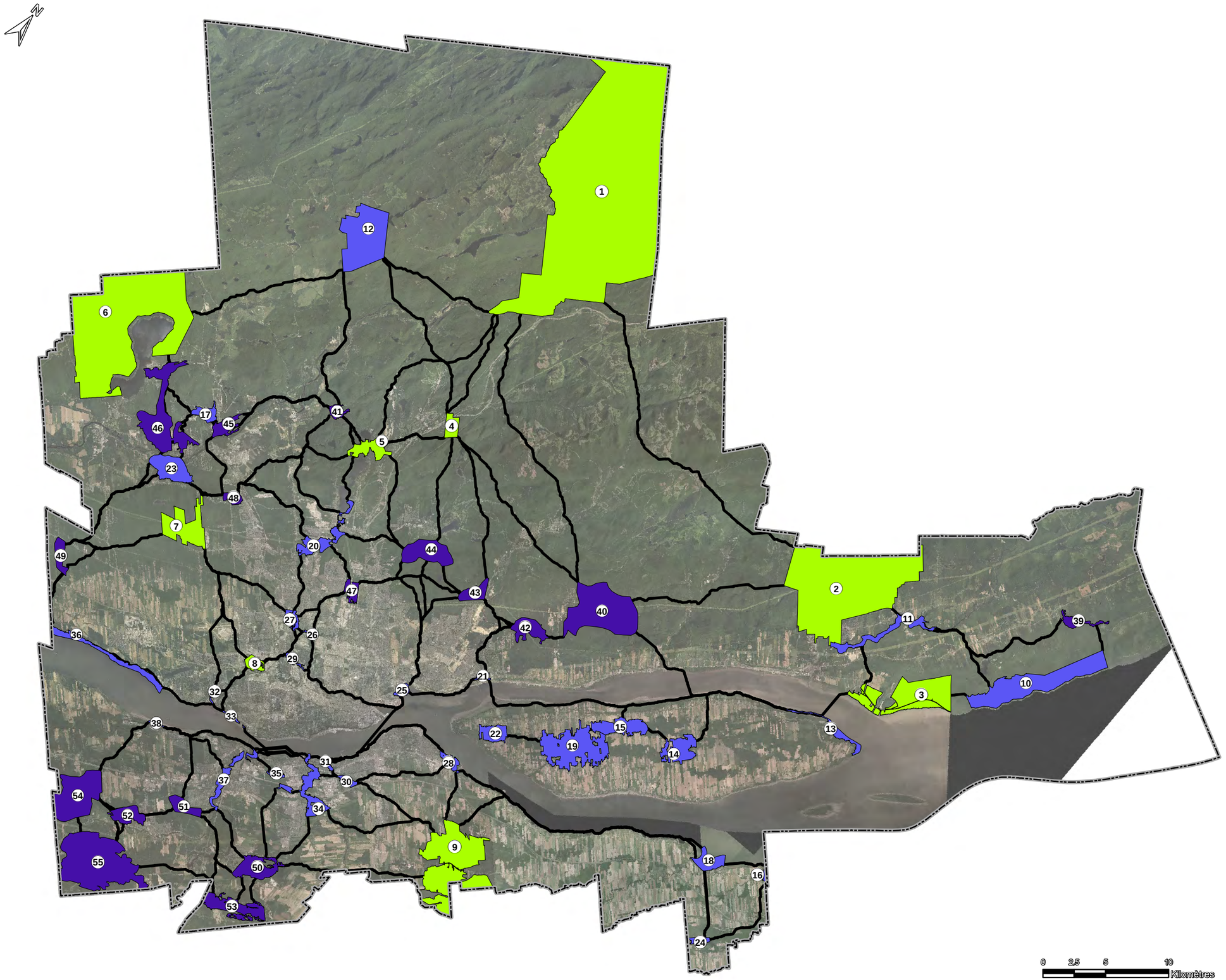
IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CMQ ET DE LA TCRQ

Carte 6 : Pôles de connectivité principaux et secondaires

QR0173A
juillet 2018

Échelle: 1:300 000
Rotation : 320 degré
Projection: NAD 1983 MTM zone 7
Fichier: QR0173A_ENV_carte6.mxd
Source: CIMA+, CMQ 2016, ESRI imagerie
Préparé par : Jean-François Labelle
Vérifié par : Christian Gagnon

CIMA+ Partenaire de génie



Localisation

- Limite du territoire à l'étude

Pôle de connectivité

- Niveau 1 : Noyaux principaux - Parcs naturels d'intérêt métropolitain
- Niveau 2A : Affectations de conservation
- Niveau 2B : Milieux naturels d'intérêt élevé
- 01 Identiant unique du pôle de connectivité*

Corridors écologiques

- Chemin de moindre coût

*Pour plus d'information voir le tableau 4 du rapport d'étape (CIMA+, 2017).



Communauté métropolitaine de Québec

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CMQ ET DE LA TCRQ

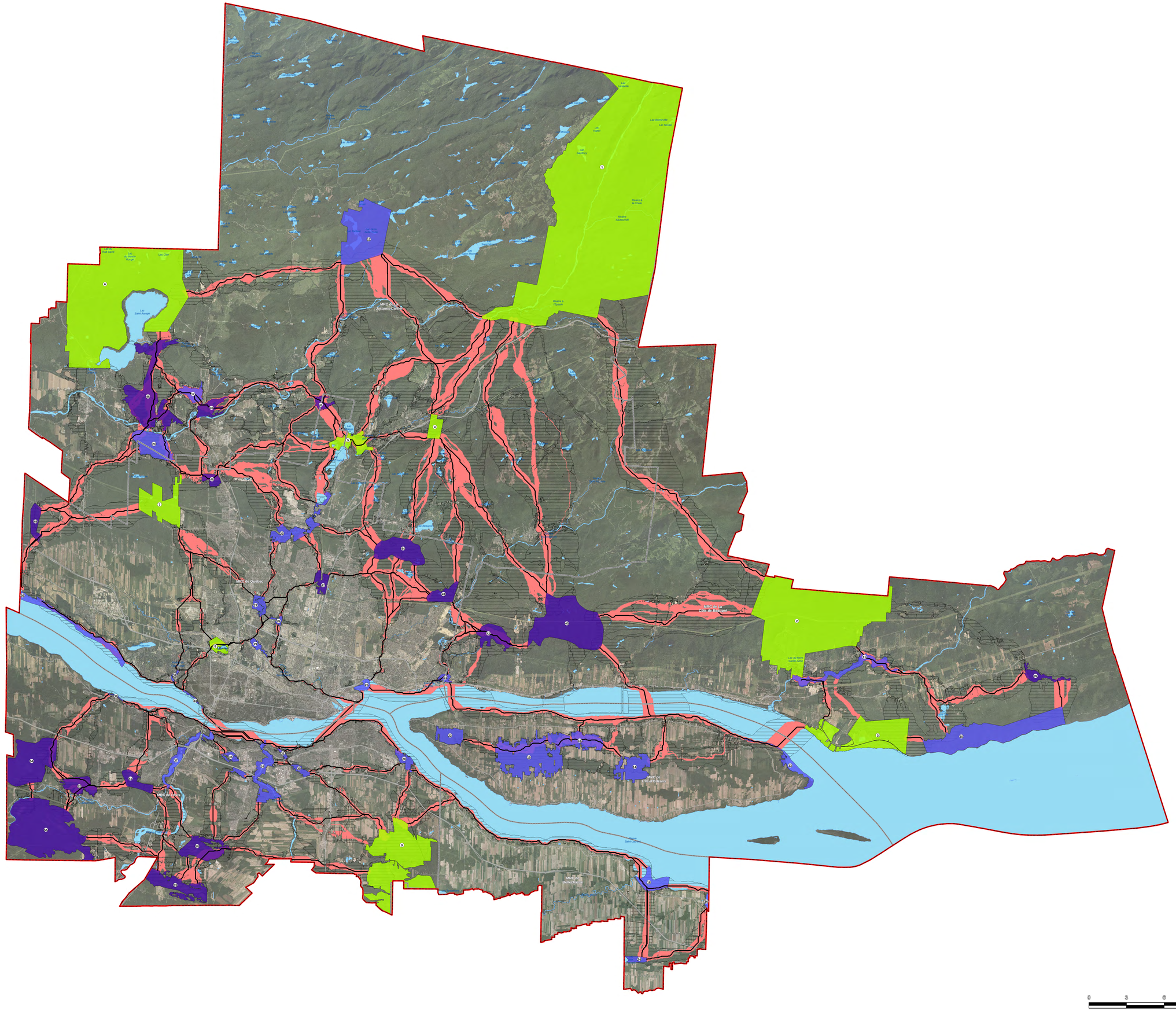
Carte 7 : Résultat de la modélisation des chemins de moindre coût avec le logiciel Linkage Mapper

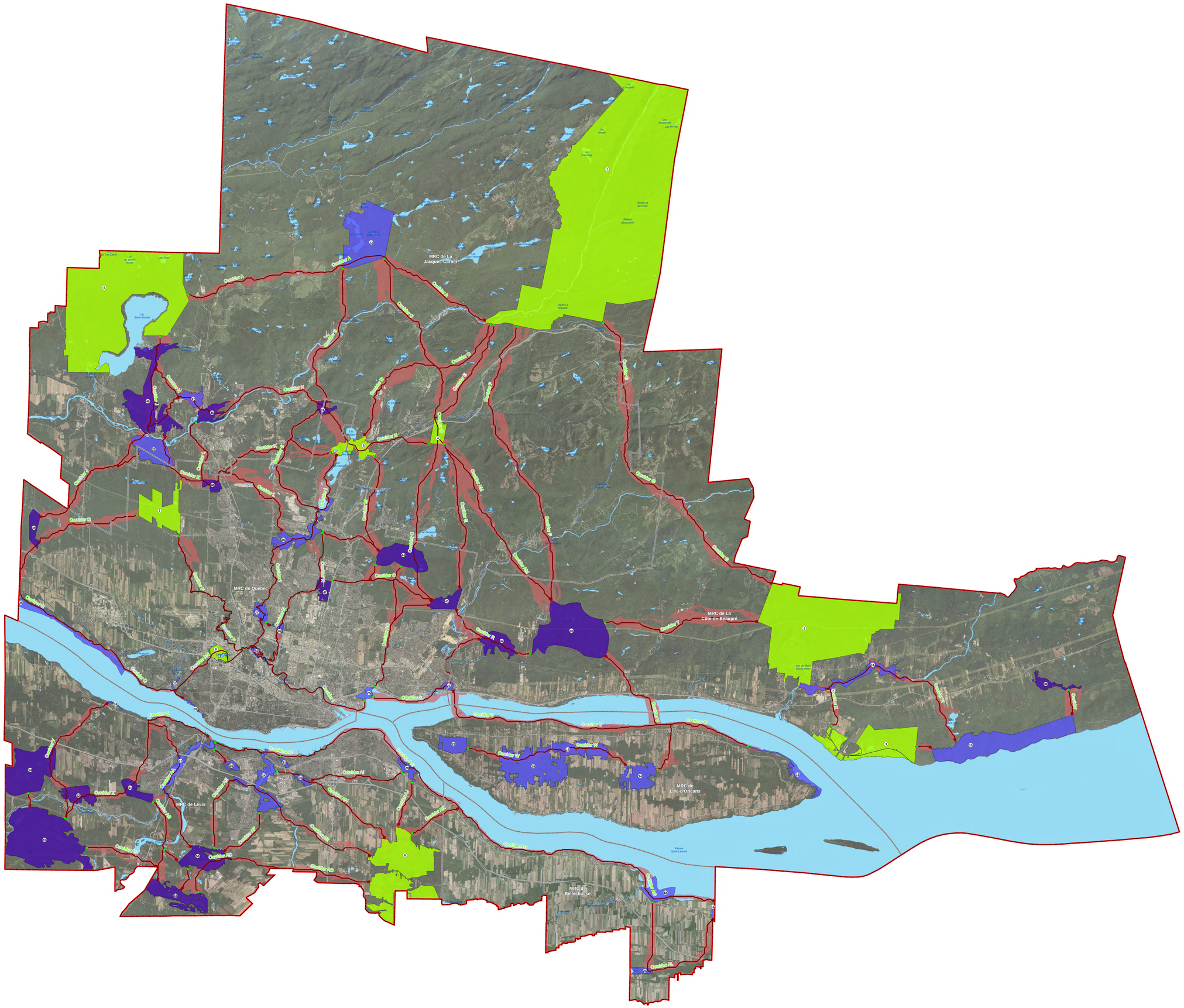
QR0173A

juillet 2018

Échelle: 1:300 000
Rotation : 320 degré
Projection: NAD 1983 MTM zone 7
Fichier: QR0173A_ENV_carte7.mxd
Source: CIMA+, CMQ 2016, ESRI imagerie
Préparé par : Jean-François Labelle
Vérifié par : Christian Gagnon

CIMA+ Partenaire de génie


MRC de la Jacques-Cartier
MRC de Portneuf
MRC de Québec
MRC de la Côte-de-Beaupré
MRC de l'Île-d'Orléans
MRC de Bellechasse
Lac Saint-Joseph
Lac Clair
Lac Sept-Caird
Lac de Varenne
Rouge
Lac Vert
Lac Beauvais
Lac Hertel
Lac Sauvagy
Lac Simonds
Lac Rhodo
Rivière à la Chute
Rivière Sautauriski
Rivière à Pierrot
Lac Delage
Lac Saint-Augustin
Lac Saint-Charles
Lac des Mille Vaches
Lac Jacques-Cartier
Rivière Jacques-Cartier
Rivière Sainte-Anne
Rivière Nelson
Rivière Portneuf
Rivière Jacques-Cartier
Rivière Sainte-Anne
Rivière Nelson
Rivière Portneuf
Québec
Lévis
Saint-Augustin-de-Desmaures
Shannon
Saint-Apollinaire
Saint-Raymond
Donnacona
Pont-Rouge
Neuville
Saint-Basile
Saint-Marc-des-Carrières
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier
Fossambault-sur-le-Lac
Sainte-Brigitte-de-Laval
Stoneham-et-Tewkesbury
Lac-Beauport
Boischatel
L'Ange-Gardien
Château-Richer
Sainte-Anne-de-Beaupré
Saint-Tite-des-Caps
Saint-Joachim
Saint-Ferréol-les-Neiges
Sainte-Pétronille
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans
Sainte-Famille
Saint-Pierre
Saint-Jean
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans
Saint-Antoine-de-Tilly
Saint-Nicolas
Saint-Romuald
Lévis
Saint-Henri
Saint-Lambert-de-Lauzon
Saint-Gilles
Saint-Étienne-de-Lauzon
Saint-Jean-Chrysostome
Saint-Rédempteur
Pintendre
Saint-Nicolas
Saint-Romuald
Lévis
Saint-Henri
Saint-Lambert-de-Lauzon
Saint-Gilles
Saint-Étienne-de-Lauzon
Saint-Jean-Chrysostome
Saint-Rédempteur
Pintendre
Saint-Agapit
Saint-Flavien
Saint-Antoine-de-Tilly



Localisation

- Limite du territoire à l'étude
- Limite des MRC
- Réseau routier principal
- Plan d'eau
- Cours d'eau principal

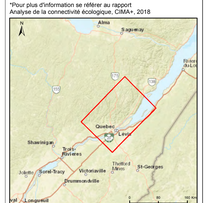
Pôle de connectivité

- Niveau 1 : Noyaux principaux - Parcs naturels d'intérêt métropolitain
- Niveau 2A : Affectations de conservation
- Niveau 2B : Milieux naturels d'intérêt élevé
- 01 Identiant unique du pôle de connectivité*

Corridors écologiques

- Chemin de moindre coût après l'optimisation
- Début et fin du corridor
- Corridor de moindre coût

*Pour plus d'information se référer au rapport Analyse de la connectivité écologique, CIMA+, 2018



Communauté métropolitaine de Québec

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CMQ ET DE LA TCRQ

Carte 9 : Résultat de la modélisation des corridors de moindre coût après l'optimisation

QR01TSA
juillet 2018

Échelle: 1:100 000
Système: MTM zone 7
Projection: NAD 1983 MTM zone 7
Fichier: QR01TSA_ENV_carte9.mxd
Sources: CMQ, MRC, MTMDET, Ortophotos
Préparé par : Jean-François Lizotte
Vérifié par : Christian Gagnon

CIMA+ Partenaire de génie

MRC de La Jacques-Cartier

MRC de Québec

MRC de La Côte-de-Beaupré

MRC de L'Île-d'Orléans

MRC de Lévis

MRC de Bellechasse

Lac Vacances

Lac Montel

Lac Kaumajo

Lac Bonnevie

Lac Arvida

Rivière à la Chute

Rivière Sautauriski

Rivière à l'Épaule

Lac Sept Îles

Lac du Fer à Cheval

Lac Saint-Joseph

Lac Clair

Lac du Vendeur

Lac Achigan

Lac des Roches

Lac Jaune

Lac Long

Lac Sept Îles

Lac Saint-Augustin

Lac des Mille Vaches

Lac Sainte-Anne

Rivière Jacques-Cartier

Rivière Saint-Charles

Rivière Montmorency

Fleuve Saint-Laurent

Rivière Etchemin

Rivière Chaudière

Lévis

Québec

0 3 6 12 Km

Localisation

- Limite du territoire à l'étude
- Limide des MRC
- Réseau routier principal
- Plan d'eau
- Cours d'eau principal

Pôle de connectivité

- Niveau 1 : Noyaux principaux - Parcs naturels d'intérêt métropolitain
- Niveau 2A : Affectations de conservation
- Niveau 2B : Milieux naturels d'intérêt élevé
- 01 Identiant unique du pôle de connectivité*

Corridors écologiques

- Potentiel d'élargissement des corridors

*Pour plus d'information se référer au rapport Analyse de la connectivité écologique. CIMA+, 2018



Communauté métropolitaine de Québec

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CMQ ET DE LA TCRQ

Carte 10 : Potentiel d'élargissement des corridors

QMS17DA
Juillet 2018

Échelle: 1:100 000
Rotation : 315 degré
Projection: NAD 1983 MTM zone 7
Fichier: Carte10_Potentiel_Elargissement.mxd
Source: CIMA+, CMQ, MERN
Préparé par : Jean-François Labelle
Vérifié par : Christian Gagnon

CIMA+ Partenaire de génie

ANNEXE D

Guide d'utilisation du logiciel Linkage Mapper

Linkage Mapper User Guide

Version 1.1—Updated August 2016

Brad McRae[1] and Darren Kavanagh[2]
[1]The Nature Conservancy
[2]Adze Informatics

Acknowledgements
Brian Cosentino made substantial coding contributions to early versions of this toolkit. Viral Shah contributed code from his thesis for network analyses. Jeff Jenness supported this work with updates to the Conefor Inputs tool. Thanks to Andrew Gilmer and Theresa Nogeire for helpful comments on this user guide. Thanks also to the Washington Habitat Connectivity Working Group for feedback on these tools as they were being developed.

Software Requirements and Licensing
Linkage Mapper requires **AcrGIS 9.3 or 10** with the Spatial Analyst extension (we are developing on **ArcGIS 10** and recommend using it if possible for improved speed and future releases). If you do not have an ArcInfo-level license, you will also need to install the Conefor Inputs tool (see below). Linkage Mapper is provided free of charge under a GNU General Public License. More details can be found on the Linkage Mapper website, where our code is hosted: http://www.circuitscape.org/linkagemapper.

Preferred Citation
McRae, B.H. and D.M. Kavanagh. 2011. Linkage Mapper Connectivity Analysis Software. The Nature Conservancy, Seattle WA. Available at: http://www.circuitscape.org/linkagemapper.

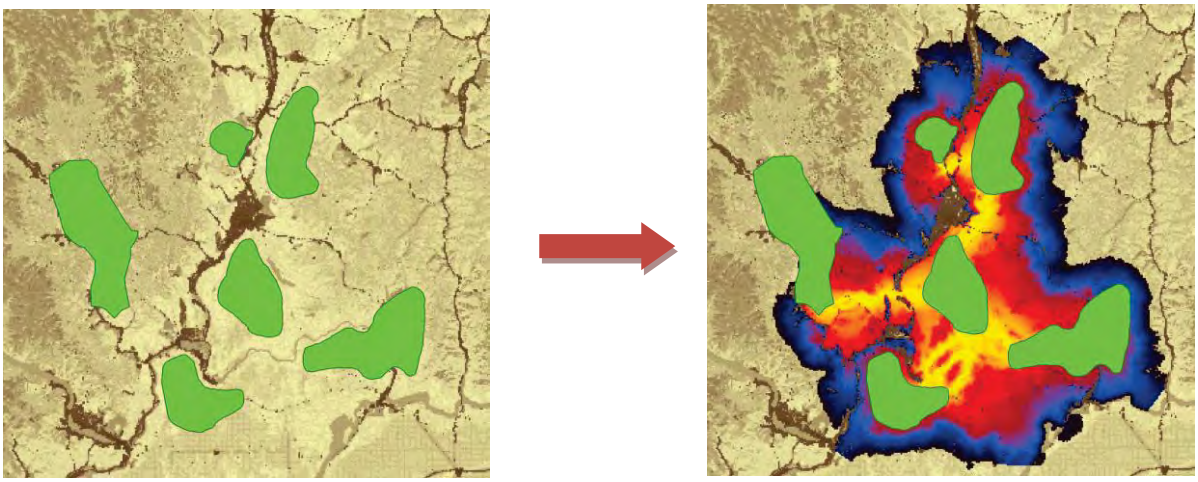


Table of Contents

1. Introduction 3
1.1 Background 3
1.2. Before you begin- a note about connectivity modeling and software limitations 3
2. Installation 4
3. Using Linkage Mapper 6
3.1 Input data requirements 6
3.2 Prepping your data and work spaces 6
3.3 Running the toolbox 8
4. What the Steps Do 11
Step 1: Identify adjacent (neighboring) core areas 12
Step 2: Construct a network of core areas using adjacency and distance data 12
Step 3: Calculate cost-weighted distances and least-cost paths 13
Step 4: Implement optional rules specifying which core area to connect 15
Step 5: Calculate least-cost corridors and mosaic them into a single map 15
5. Other features, extra hints, and troubleshooting 17
5.1. Saving and re-loading run settings 17
5.2. Scaling your resistance values 17
5.3. Applying Linkage Mapper to large study areas, large core areas, or large numbers of core areas 17
5.4. Manually removing or retaining links 17
5.5. Freeing up disk space 17
5.6. Combining *Linkage Mapper* and *Circuitscape* to prioritize connectivity conservation 18
5.7. Common problems 18
5.8 Recovering if ArcMap crashes in step 3 18
5.9 Helpful utilities and accessing additional options 19
6. Support 19
7. Literature Cited 19
8. Linkage Mapper Tutorial 20

1. Introduction

1.1 Background

Linkage Mapper is a GIS tool designed to support regional wildlife habitat connectivity analyses. It consists of several Python scripts, packaged as an ArcGIS toolbox, that automate mapping of wildlife habitat corridors. We developed these scripts to support the 2010 Washington Wildlife Habitat Connectivity Working Group (WHCWG) statewide connectivity analysis, and are making them public for use in other wildlife connectivity assessments.

Linkage Mapper uses vector maps of core habitat areas and raster maps of resistance to movement to identify and map least-cost linkages between core areas. Each cell in a resistance map is attributed with a value reflecting the energetic cost, difficulty, or mortality risk of moving across that cell. Resistance values are typically determined by cell characteristics, such as land cover or housing density, combined with species-specific landscape resistance models. As animals move away from specific core areas, cost-weighted distance analyses produce maps of total movement resistance accumulated.

The scripts use ArcGIS and Python functions to identify adjacent (neighboring) core areas and create maps of least-cost corridors between them. The scripts then normalize and mosaic the individual corridor maps to create a single composite corridor map. The result shows the relative value of each grid cell in providing connectivity between core areas, allowing users to identify which routes encounter more or fewer features that facilitate or impede movement between core areas. More details on the models and algorithms implemented by the Linkage Mapper can be found in Chapter 2 and Appendix D of WHCWG (2010).

Enhanced Modules- The toolkit now includes newly developed tools to map pinch-points within corridors (using Circuitscape) , map core areas and corridors with high network centrality (i.e. those that are most important for keeping a network connected), map barriers (some of which may offer restoration opportunities), and map corridors that follow climatic gradients to facilitate species range shifts in response to climate change. Please see the **Pinchpoint Mapper**, **Centrality Mapper**, **Barrier Mapper**, and **Climate Linkage Mapper** user guides included with the Linkage Mapper download.

1.2. Before you begin- a note about connectivity modeling and software limitations

Linkage Mapper was developed to automate some of the arduous and time-consuming steps of connectivity modeling. However, even with tools like this one, *connectivity modeling involves a great deal of research, data compilation, GIS analyses, and careful interpretation of results.* Defining core areas, parameterizing resistance models, and other modeling decisions you will need to make are not trivial. Before diving in, we strongly recommend that users thoroughly familiarize themselves with the process and challenges of connectivity modeling by consulting published resources. Good places to start include an overview of habitat and corridor modeling on the Corridor Designer website (http://corridordesign.org/designing_corridors), WHCWG (2010), Beier et al. (2011), and references listed within. See Sawyer et al. (2011) for a critique of current corridor modeling practices.

Although Linkage Mapper works well for our purposes in Washington State, it has only been applied to a handful of projects so far and we can't guarantee smooth operation in all situations. Please see WHCWG (2010) for the kind of datasets for which Linkage Mapper was developed and tested. You may encounter bugs or limitations applying it different datasets (especially study

areas with large numbers of grid cells, large numbers of core areas, or core areas with highly complex shape). We are happy to help with problems—and encourage users to report them—but please recognize that development time is limited and this must be considered beta code.

Linkage Mapper is in active development**. Please join the Linkage Mapper User Group for updates and to report bugs.**

2. Installation

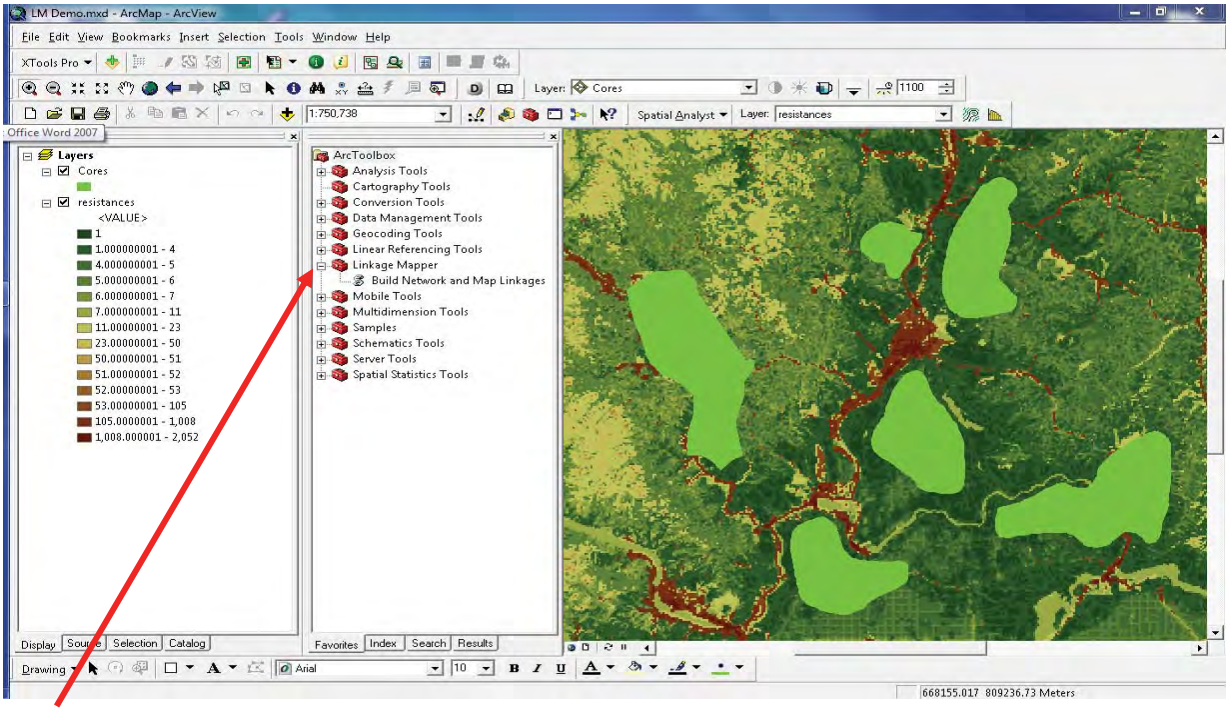
1) Install Linkage Mapper

Download **Linkage Mapper from** http://www.circuitscape.org/linkagemapper.

Open the linkagemapper.zip archive and place the contents in a folder that has no spaces or special characters in its path. Close all ArcGIS applications and then start ArcCatalog. If the ArcToolbox window is not visible, open it by clicking on Geoprocessing >> ArcToolbox or click the ArcToolbox button: 

Add the Linkage Mapper toolbox from within directory you just saved. To do this:

1. Right-click the ArcToolbox folder at the top of the window and select Add Toolbox.
2. Click the "Look in" dropdown arrow and navigate to the *toolbox* directory within the Linkage Mapper directory you just unzipped.
3. Click (don't double-click) *Linkage Mapper.tbx* (for ArcGIS 9.3) or *Linkage Mapper Arc10.tbx* (for ArcGIS 10) and click Open. Linkage Mapper will now automatically be included in new ArcMap documents. For existing documents, you will need to add it manually following the steps above.
4. Make sure the Spatial Analyst extension is activated.



Once you've added the Linkage Mapper toolbox, click the plus sign to show the contents of the folder.

2) *If you don't have an ArcInfo-level license*, you'll need to install the Conefor Inputs Tool for ArcGIS
Download Conefor inputs from: http://jennessent.com/arcgis/conefor_inputs.htm

Once you've downloaded the tool, follow the instructions in the Conefor Inputs user guide. From there, you'll need to activate the Conefor toolbar in ArcMap: View>>Toolbars>>Conefor. The toolbar should look like this: 

Users with ArcInfo-level licenses can bypass this step.

3) Make sure you have the required GIS and Python installations
Linkage mapper requires **ArcGIS 9.3 or 10 with Spatial Analyst.** You will also need **Python 2.5** or **2.6** and **NumPy** (Numerical Python), which are automatically installed by ArcGIS. If you do not have these, they can be found on the ArcGIS installation disk or downloaded if necessary.

4) Verify your installation
You can test the code by running the tutorial at the end of this document.

3. Using Linkage Mapper

3.1 Input data requirements

Inputs to Linkage Mapper include 1) a core area polygon GIS file, 2) a resistance raster GIS file, and 3) a text file specifying Euclidean (straight-line, edge-to-edge) distances between core area polygons. The core area polygon GIS file can be either an ESRI shapefile or ESRI geodatabase feature class. The file must have an attribute specifying core area IDs consisting of positive integers < 9999 that identify unique core areas. The resistance raster GIS file should include resistances represented by positive numbers (integers or floating point) only. We recommend resistances scaled so that values of 1 represent ideal habitat (WHCWG 2010) and increase to at least 100 for barriers (Beier et al. 2011).



Please ensure that your resistance and core area maps are in the same projection. Linkage Mapper has not been tested with data in different coordinate systems. ***We strongly suggest that map units be in meters.***

The text file with Euclidean distances between cores is typically generated by the Conefor Inputs tool using the core area file as input (see next section). It can also be automatically generated by Linkage Mapper if you have an ArcInfo license.

3.2 Prepping your data and work spaces

Before you start, you'll need to set up your project directory and create a Euclidean distances file using your core area polygon data and the Conefor Inputs Tool (the distances file can be created by Linkage Mapper later if you have an ArcInfo license).

1) Create a project directory

This is where intermediate and output files will be written. This should be a shallow and short directory (something like C:\ANBO), ideally on a local drive to speed processing. The name of the directory will also be used as a prefix for final output files (e.g. ANBO_LCPs). There should be *no spaces or special characters* anywhere in the directory path.



Note: running Linkage Mapper with input data or project directories on a shared drive can slow things down drastically, and can cause errors with some ArcGIS routines. It's best to use a local drive (and shallow directory) if you can.



You should create unique project directories for each project/scenario you run, to avoid confusing intermediate data from different analyses.

Several subdirectories will be created in your project directory, including an *output* directory with final products. Data are passed between computational steps in the *datapass* directory. The scripts also create vector line maps with corridor statistics (stored in the *datapass* directory between steps and the *link_maps* geodatabase in the *output* directory when the program completes), as well as raster corridor maps (stored in the *corridors* geodatabase). Step-by-step versions of link maps are moved to *run_history* directory after completion. This directory also has a *log* directory where run messages are stored.

2) If you don't have an ArcInfo-level license, calculate Euclidean (straight-line) distances between core areas using the Conefor Inputs Tool (*Optional for users with ArcInfo-level license; for these users, Linkage Mapper can create this file in Step 2*).

The Conefor Inputs Tool measures minimum Euclidean distances between core area polygons. We use this tool solely to generate a text table of core area pairs and distances between them. If you have another way to provide a table of distances in the same format (see the demo data provided in the tutorial), you may do that instead.

Conefor Inputs gives you the option to analyze either all core area pairs or only those within a specified distance. Restricting analyses to a specified distance is particularly useful when working with large numbers of core areas for a specific species; if a species is only known to disperse *X* map units, and you want to only map linkages that are less than *X* in length, then using this cutoff can save calculation time if you have hundreds or thousands of core areas.

Don't forget: if you modify your core polygon layer, be sure to re-run Conefor Inputs with the new data.

Start by clicking on the left toolbar button 

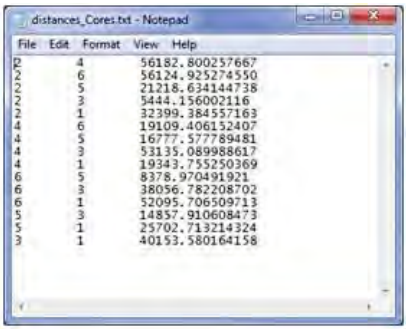


This window should appear.

- Select your core area polygon file in the layers column. Then, select a unique core area ID field in the **ID** and **Attribute** field columns.
- Choose whether to calculate distances between all features or restrict your analyses to features within a specified distance (see above).

Note: If you restrict analyses to features within a specified distance, be sure to enter distances using the same units of measurement that are used in your GIS files.

- Have Conefor Inputs create an output file in text format by selecting **ASCII**.
- Select a location to save the output file. You'll need to browse to this file again later.
- Click OK (Conefor may give you an error, but you can ignore it as long as you get a distance table in your output folder).



Text file created by Conefor Inputs showing Euclidean distances between core areas.

3.3 Running the toolbox

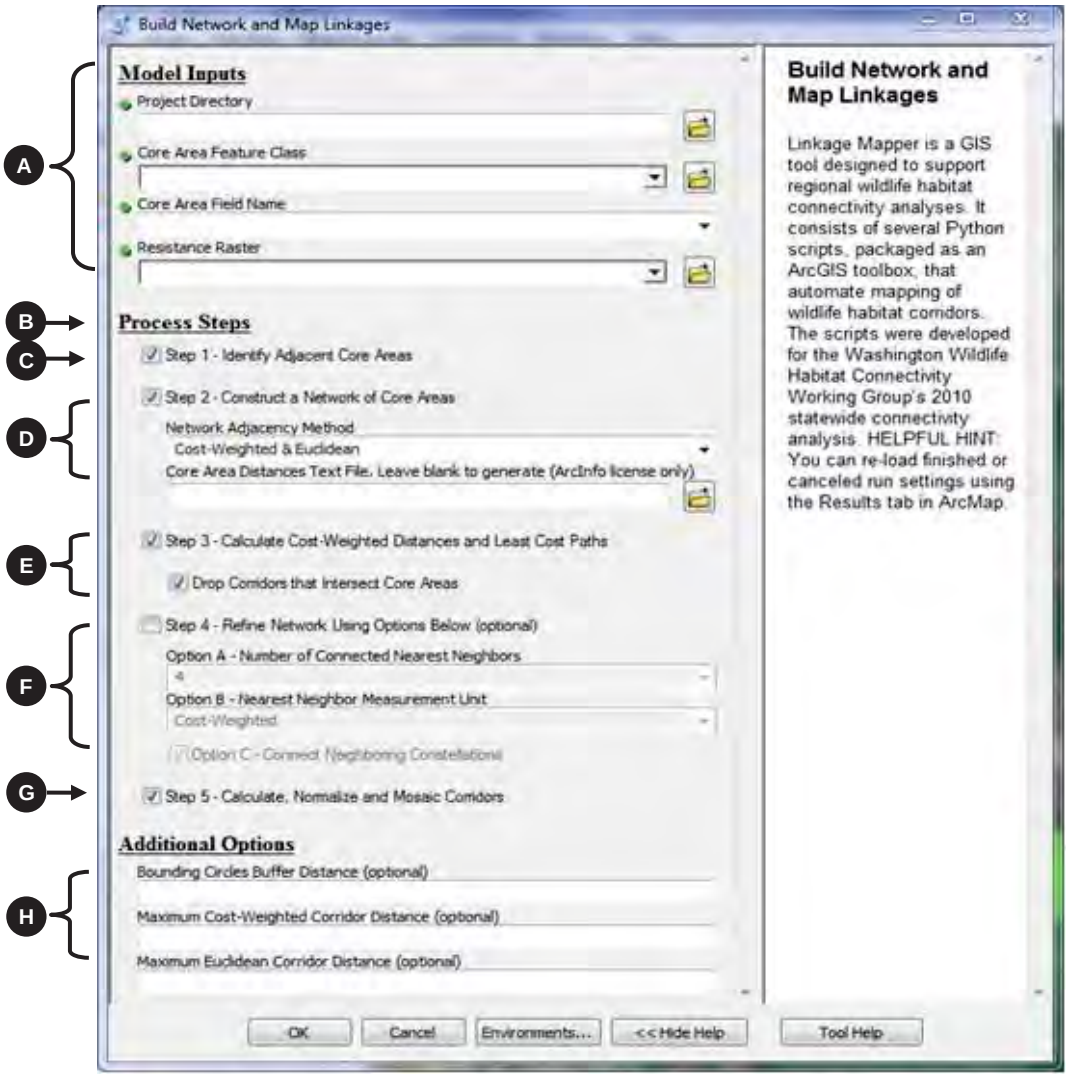


Note: ArcGIS can be finicky about file locks. If you get schema lock or permission errors, you may need to close ArcCatalog and ArcMap and start fresh without any output files displayed.



Note: Although this user guide was written with running from ArcMap in mind, several users have reported that they experience fewer ArcGIS errors when running from ArcCatalog. ***We therefore suggest you run from ArcCatalog if you are having problems with the tool.***

Click the *Linkage Mapper* toolbox, and click on *Build Network and Map Linkages*. The following dialog should appear. Lettered items are described below.



A. **Input Data**

a. **Project Directory:** Enter the project directory for your analyses (described in section 3.2 above). You should create a different project directory for each unique project/scenario you run, to avoid confusing data from different analyses.

b. **Core Area Feature Class:** This is your map of core habitat area polygons (the polygons you will be connecting with linkages).



Note: if you choose a feature class that is open in ArcMap and any of the features are selected, Linkage Mapper will only operate on those features.

c. **Core Area Field Name:** Field must consist of positive integers < 9999 that identify unique core areas in your core area polygon file.

d. **Resistance Raster:** Enter the resistance raster for your project.

B. **Check the steps you want to complete.** You can check all steps to run from start to finish in one shot. You can also re-start failed or killed runs at any step in the process by checking only those steps you want to re-do. **Note:** Step 4 is optional. Check step 4 and fill in step 4 options if you want to only connect each core to its 1-4 nearest neighbors and then connect clusters of cores together, rather than connecting all adjacent cores. Refer to Section 4 below for more details on what each step does.

C. **Step 1 - Identify Adjacent (neighboring) Core Areas**

D. **Step 2 - Construct a Network of Core Areas**

a. **Network Adjacency Method:** Specify whether to create links between core areas that are adjacent in Euclidean and/or cost-weighted distance space. If you choose both, corridors will be mapped between core areas that are adjacent in Euclidean OR cost-weighted distance space.

b. **Core Area Distances Text File:** Enter the distances text file generated by the Conefor Inputs tool (***users with ArcInfo licenses can leave blank*** to have Linkage Mapper create this file. This can be time consuming, so if you are re-running with the same core file, make sure to point to the text file Linkage Mapper created earlier (ending in "dists.txt"), which can be found in your project directory).

E. **Step 3 - Calculate Cost-Weighted Distances and Least-Cost Paths**

a. **Drop Corridors that Intersect Core Areas:** This will take effect in step 3. See detailed description in Section 4 below.

F. **Step 4 - Prune Network**

You can limit the number of corridors mapped to those needed to ensure that each core area is connected to its 1-4 nearest neighbors (and then optionally connect any disjunct 'constellations' of core areas below).

Number of Connected Nearest Neighbors: If step 4 is checked, this option lets you choose how many nearest neighbors to connect each core area to. Any links that are not needed to connect each core to its *N* nearest neighbors are dropped.

Nearest Neighbor Measurement Unit: Choose whether to measure 'nearest' above in Euclidean or cost-weighted distance.

Connect Neighboring Constellations: After links that are not needed to connect each core to its *N* nearest neighbors are dropped, this option allows you to re-add links connecting nearest pairs of core area 'constellations,' i.e., discrete clusters of neighboring core areas, until all constellations are connected.

G. **Step 5: Calculate, Normalize, and Mosaic Corridors**

H. **Additional Options:**

a. **Bounding Circles Buffer Distance (optional):** If a value is entered, this will create bounding circles around pairs of core areas (recommended for speed; see

detailed description in Section 4 below). Buffer distances are entered in map units, e.g. a 10 km buffer would be entered as 10000 if map units were in meters. Leave blank if you don't want to use bounding circles.

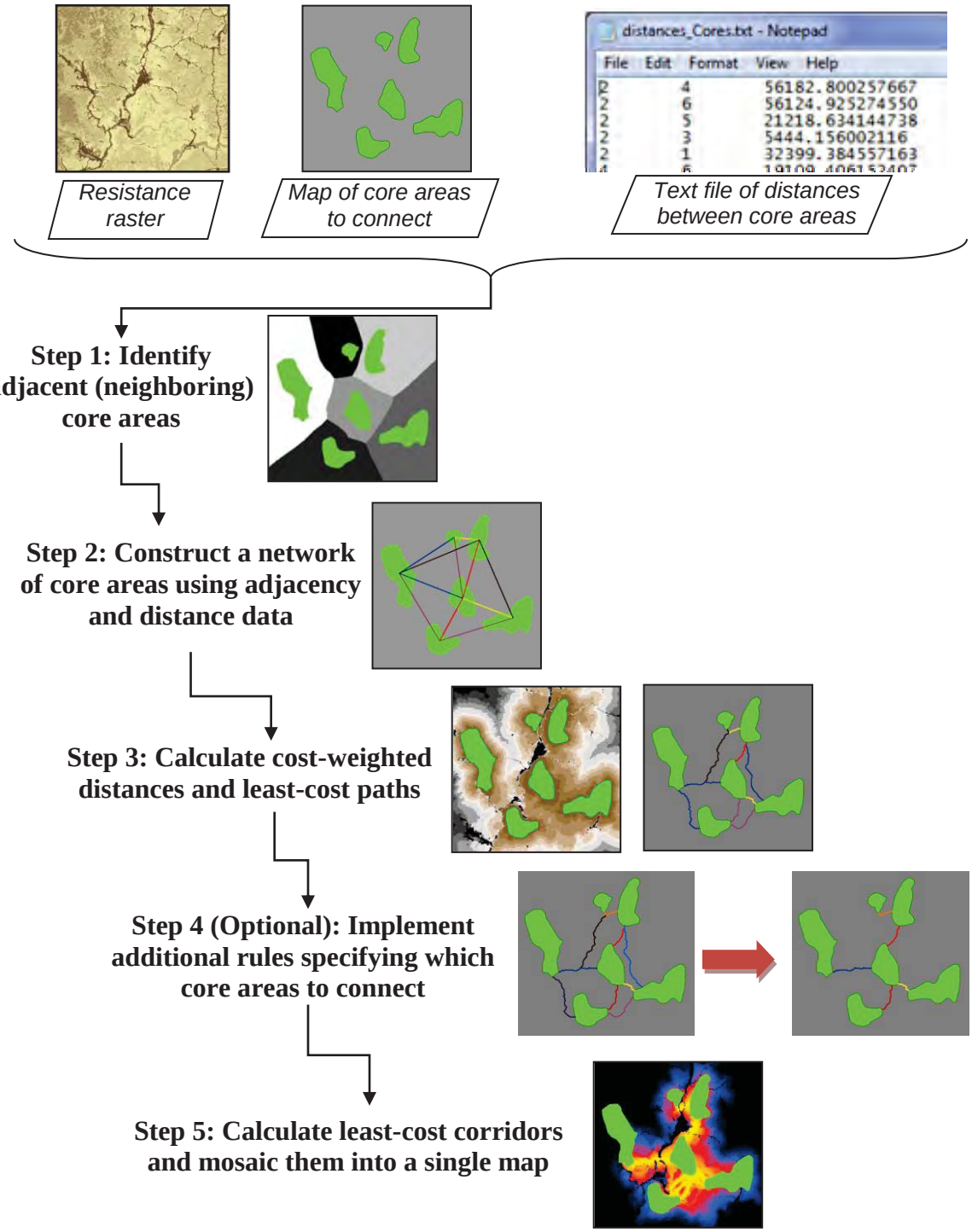
b. **Maximum Corridor Distances:** Maximum distances can speed up calculations by dropping excessively long corridors. If you are unsure, you should leave blank or overestimate. You can always make distances more stringent by re-running step 5. You can't make them less stringent without going back to step 2.

    i. **Maximum Cost-Weighted Corridor Distance:** If you only want to map corridors that are less than a maximum cost-weighted corridor length, enter it here (in map units). This will take effect in steps 3-5.

    ii. **Maximum Euclidean Corridor Distance:** If you only want to map corridors between core areas that are closer than a certain distance apart, enter it here (in map units). This will take effect in steps 2-5. **NOTE:** least-cost corridors can still be longer than this distance, as they will typically be considerably longer than the edge-to-edge distance between the core pairs they are connecting.

4. What the Steps Do

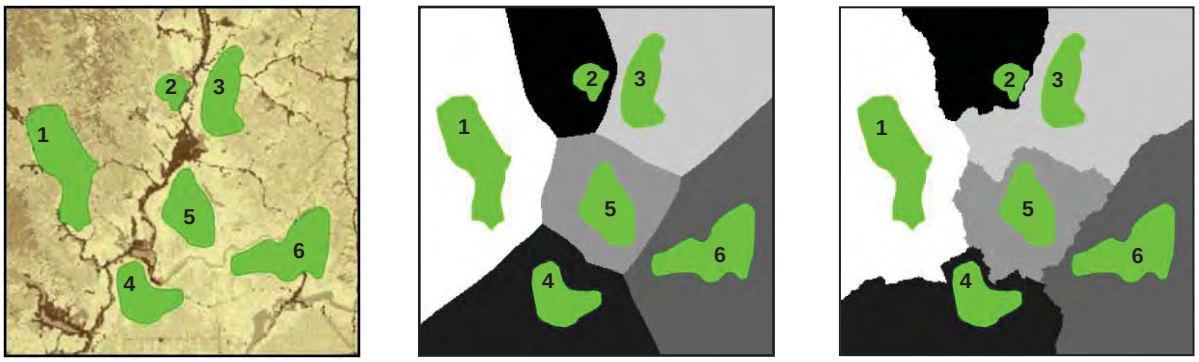
As described above, the Build Network and Map Linkages tool takes 1) a core area polygon map, 2) a resistance raster, and 3) a text file specifying Euclidean distances between core area polygons (if you have an ArcInfo license, Linkage Mapper will generate this automatically). The tool then processes these data in 5 steps, illustrated and described below:



Step 1: Identify adjacent (neighboring) core areas

Inputs: core area polygon file and resistance raster file.
Outputs: text files listing adjacent core areas in Euclidean (straight-line) and cost-weighted distance space (*euc_adj.csv* and *cwd_adj.csv*).

Step 1 identifies adjacent core areas using the ArcGIS ***Cost Allocation*** and ***Euclidean Allocation*** functions. Using your core area polygons and resistance raster, ArcGIS creates raster files that 'allocate' grid cells to the nearest core area in either Euclidean space or cost-weighted distance space. If a pathway from one core area to another must pass through the allocation zone of a third, then the two core areas are considered nonadjacent. For example, core areas *1* and *6* below are not adjacent because it is impossible to move from one to the other without at least passing through the allocation zone of core areas *2*, *4*, or *5*. This step creates a subdirectory named '*adj'* within your project directory and stores rasters with data on adjacency and distances there. Adjacency lists are stored in text files *euc_adj.csv* and *cwd_adj.csv* within your *datapass* directory.

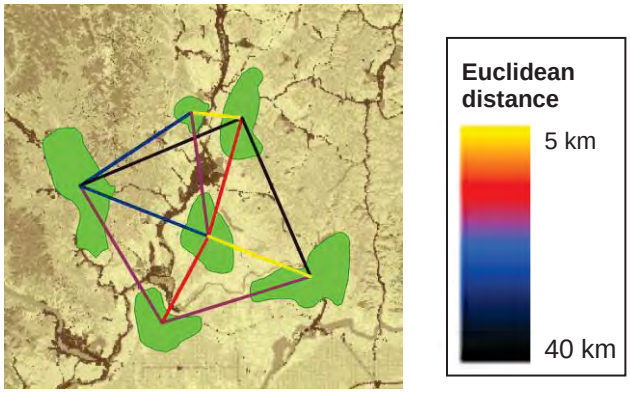


Core areas, resistance surface, and allocation grids for Linkage Mapper tutorial data. Left: core areas (green) and resistance surface (lower resistances shown in lighter shades). Center: Euclidean allocation zones, with different shades for each core area. Right: cost-weighted distance allocation zones. In this example, core areas *1* and *3* are adjacent in cost-weighted distance space, but not in Euclidean space.

Step 2: Construct a network of core areas using adjacency and distance data

Inputs: core area polygon file, text file of distances produced by Conefor Inputs (or Linkage Mapper with ArcInfo license), and core area adjacency files (*euc_adj.csv* and/or *cwd_adj.csv*).
Outputs: text file describing network (*linkTable_s2.csv*), and stick map showing links (*sticks_s2.shp*).

This step recognizes the text files specifying core area adjacency (*euc_adj.csv* and *cwd_adj.csv*) created in step 1, as well as the distances calculated using the Conefor Inputs tool or Linkage Mapper. It uses these to create a "stick map" (*sticks_s2.shp*) connecting core area pairs that are candidates for corridor mapping. This step also generates *linkTable_s2.csv*, a table viewable in Microsoft Excel. This table describes the network and keeps track of which links are active, which are dropped, and statistics on each. These files are all stored in your *datapass* directory, and are used and updated with new versions (*linktable_s3.csv*, etc.) in subsequent steps. They are also saved in your *run_history* directory for reference. This step allows you to automatically discard links that are longer than a specified maximum Euclidean distance.



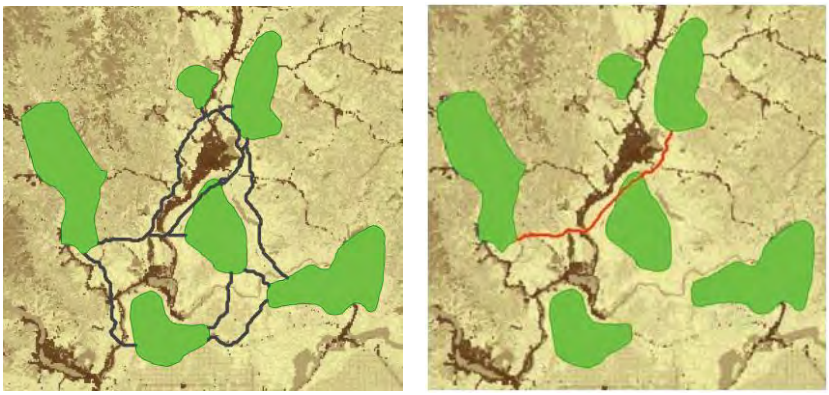
"Stick Map" created in step 2 (stored in *run_history* directory as *sticks_s2.shp*). Stick numbers show potential links between adjacent core areas, and include information on each. In this example, stick colors correspond to Euclidean (straight-line) distances between polygon edges.

Step 3: Calculate cost-weighted distances and least-cost paths

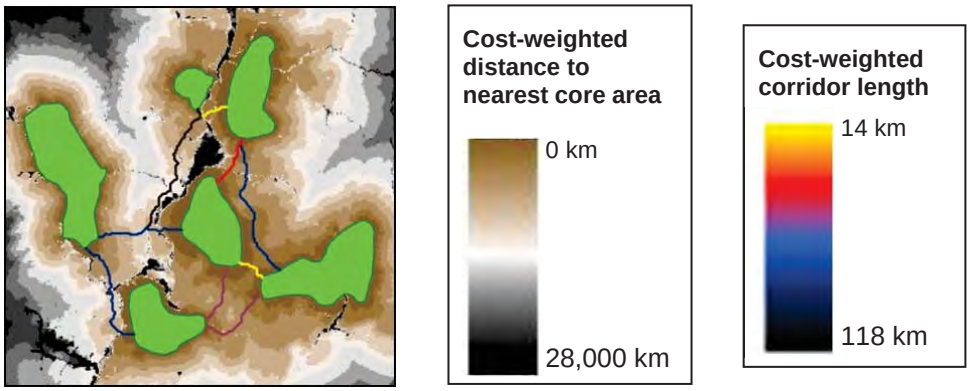
Inputs: core area polygon file, resistance raster file, *linkTable_s2.csv*.
Outputs: cost-weighted distance rasters for each core area (stored in *cwd* directory), a single cost-weighted distance raster for all core areas (*cwd*, stored in the *output* directory), *linkTable_s3.csv*, *sticks_s3.csv*, *lcplines_s3.csv*.

Step 3 uses the core area polygons, resistance raster, and link table from step 2 to perform cost-weighted distance calculations from each core area. As each cost-weighted distance surface is created, Linkage Mapper also extracts minimum cost-weighted distances between source and target core area pairs.

Step 3 also maps least-cost paths (the route along which the least resistance is accumulated) from core to core, using the cost-weighted distance raster and a direction raster for each core area. This step allows users to automatically discard linkages where the least-cost path passes through an intermediate core area (see graphic below) or linkages that are longer than a specified maximum cost-weighted or Euclidean distance.



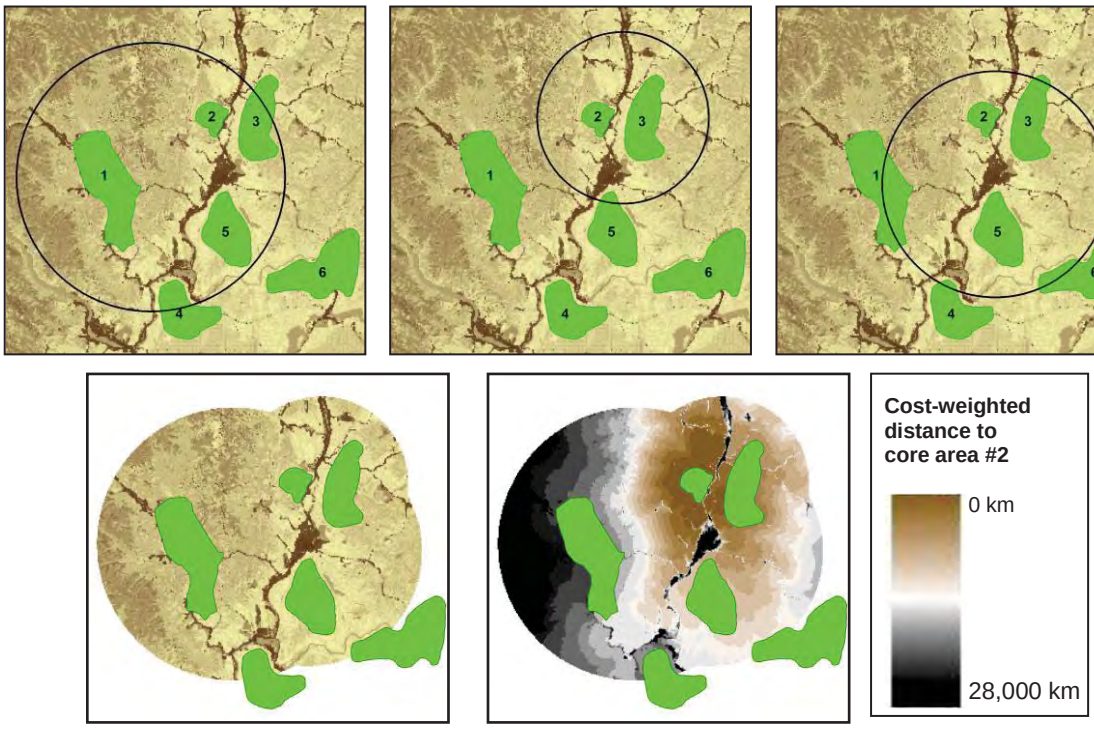
Least-cost paths between adjacent core areas (left). The red path (right) passes through an intermediate core area- that link would be dropped if the Drop Corridors that Intersect Core Areas box were checked. Links that are too long in Euclidean or cost-weighted distance can also be dropped automatically.



Step 3 places *cwd*, a raster showing the cost-weighted distance to the nearest core area, in the *output* directory. Least-cost path lines are attributed with various linkage statistics (e.g. the total cost-weighted distance traversed by the linkage, shown above).

Minimizing processing time using the bounding circles option

Using bounding circles can considerably speed up calculations. Linkage Mapper first calculates bounding circles around "source" and "target" core area pairs. The resistance layer is then clipped by the union of all bounding circles for the source core area plus a buffer large enough to allow corridors sufficient room to "roam." For example, the graphic below shows buffer distances of 10 km (entered as 10000 map units under the Buffer Distance for Bounding Circles in the Additional Options section of the toolbox). This limits cost-weighted distance calculations from each source core to include only the portion of the landscape likely to be relevant to connectivity between the sources and target cores, reducing processing time.



Bounding circles calculated for core area 2. Top: circles encompass core area *2* and each respective 'target' core area (*1*, *3*, and *5*) plus a buffer distance. Bottom left: for cost-weighted distance calculations from any core area, the algorithm extracts the portion of the resistance layer that falls within the union of all circles containing that core area. Bottom right: cost-weighted distance calculated from core area *2*.

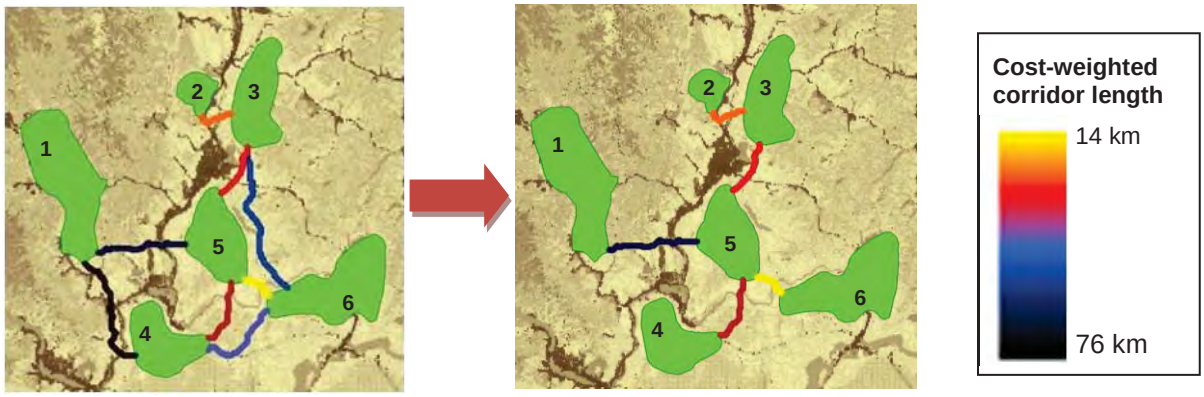


Note: If you're unsure of an appropriate buffer distance, we recommend using a large value or skipping entirely. However, be aware that for large datasets with hundreds of core areas, the processing time can add up fast.

Step 4: Implement optional rules specifying which core area to connect

Inputs: *linkTable_s3.csv, lcplines_s3.shp.*
Outputs: *linkTable_s4.csv, sticks_s4.shp, lcplines_s4.shp.*

Step 4 optionally lets you connect each core area to just its 1-4 nearest neighbors, and then connect disjunct clusters (constellations) if desired. The latter will connect clusters of core areas together, starting with the closest, until all clusters are connected (as long as they are within maximum corridor lengths, if specified). You can measure 'nearest' in either Euclidean or cost-weighted distance.



Here's how step 4 alters the network when run with the option to connect each core area to its nearest neighbor (Step 4 option A = 1) in cost-weighted distance units and then connect disjunct constellations (Step 4 option C). In this case, two constellations were formed, with the two northernmost cores constituting one constellation and the remaining four cores constituting the other. The link between core areas *3* and *5* then connected the two constellations to form a single, connected network.

Step 5: Calculate least-cost corridors and mosaic them into a single map

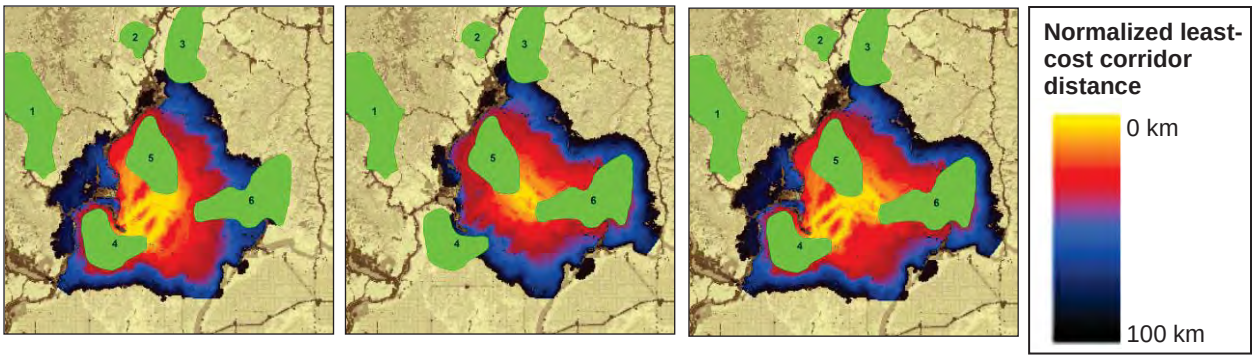
Inputs: *linkTable_s4.csv or linkTable_s3.csv*; cost-weighted distance rasters; *lcplines_s4.shp* (if present in *datapass* directory) or lcplines_s3.shp.
Outputs: Final products including *linkTable_s5.csv*, (stored in the *output* directory), and final linkage maps and least-cost path feature classes (stored in *corridors.gdb* and *link_maps.gdb* in the *output* directory).

Step 5 calculates least-cost corridors (the sum of cost-weighted distance rasters calculated from each pair of core areas that are connected). It also normalizes least-cost-corridors by subtracting the least-cost path distance from the raw corridor:

$$NLCC_{AB} = CWD_A + CWD_B - LCD_{AB}$$

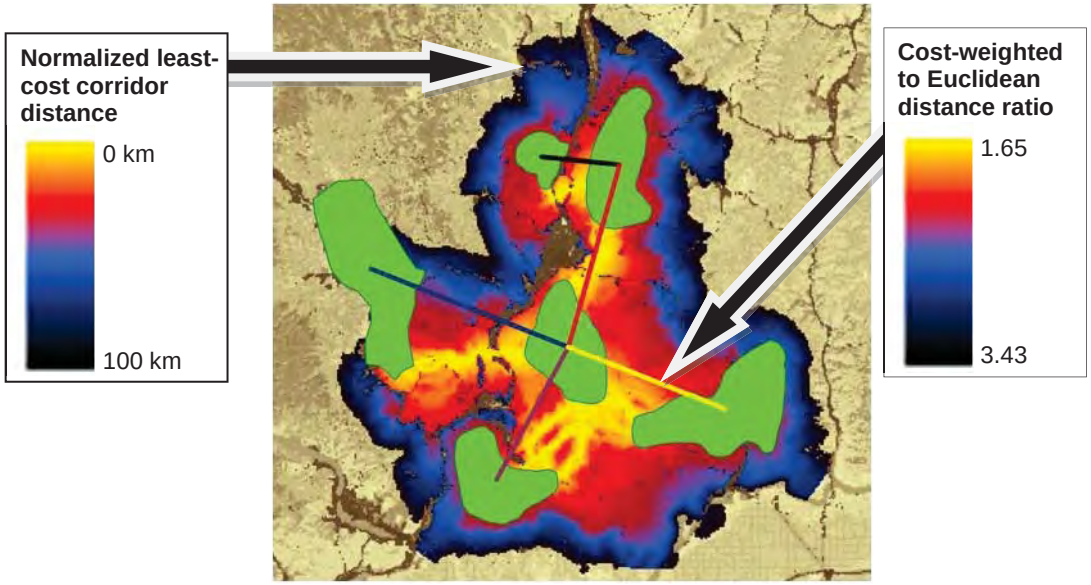
Where $NLCC_{AB}$ is the normalized least cost corridor connecting core areas *A* and *B*, CWD_A is the cost-weighted distance from core area *A*, CWD_B is the cost-weighted distance from core area *B*, and LCD_{AB} is the cost-weighted distance accumulated moving along the ideal (least-cost) path connecting the core area pair. This step maps all corridors in the same 'currency;' grid cells in each normalized corridor raster range in value from 0 (the best or least-cost path) on up. Cell values are still in cost distance units, and reflect how much more costly the (locally optimal) path between the core areas passing through each cell is relative to the (globally optimal) least-cost path connecting the core area pair. As it calculates normalized corridors, step 5 combines them

into a single map using the ArcGIS Mosaic function to create a composite linkage map in which each cell represents the minimum value of all individual normalized corridor layers.



Compositing process for normalized least-cost corridors. Panels show just two corridors as an example. Left and center panels show normalized least-cost corridors connecting core area *4* to core areas *5* and *6*, respectively. Colors indicate how much more costly the route between core area pairs passing through each cell is relative to the least-cost path connecting the core area pair. Linkage Mapper takes the minimum value of all normalized corridors to create a composite map (right panel).

This step also writes final stick and LCP maps, separated into active and inactive sticks and LCPs. Inactive links are those that have been dropped based on user criteria. It creates a final link table that only includes active links. Final link tables have extra columns with additional info, including *lcpLength* (the un-weighted length of the least-cost path), *cwdToEucRatio* (the ratio of cost-weighted distance to Euclidean distance between core areas), and *cwdToPathRatio* (the ratio of cost-weighted distance to the un-weighted length of the least-cost path, i.e. the distance traveled moving along the path). Finally, this step creates geodatabase (*link_maps.gdb* and *corridors.gdb*) in the *output* directory with final LCP and stick feature classes and mosaicked least-cost corridor maps.



Normalized and mosaicked least cost corridors using the tutorial data (saved in corridors.gdb). Yellow grid cells are closer to corridor centers, with dark blue cells showing routes that accumulate up to 100km cost-weighted distance more than the optimal (least-cost) route. Stick colors show the ratio of cost-weighted

distance to Euclidean distance for each link (cwd2Euc_r field in the feature classes), a metric of corridor quality. Yellow sticks show linkages that accumulate the least cost per unit Euclidean distance between core areas, while black sticks show linkages that accumulate the most.

5. Other features, extra hints, and troubleshooting

5.1. Saving and re-loading run settings

ArcMap automatically saves settings from previous runs, and you can re-load them using the *Results* tab. See ArcMap help for instructions. You can pick up a failed run (or re-run starting from any step using different parameter choices) by un-checking the steps prior to the one you wish to start at. No need to delete output files; they will be automatically overwritten.

5.2. Scaling your resistance values

Creating resistance and core area maps is the trickiest part of connectivity analysis, and methods for doing this is beyond the scope of this manual. However, you'll find that it's a good idea to set lowest resistances to 1: that way the cost-weighted distance of moving through 'ideal' habitat is equal to Euclidean distance moved, and linkage statistics become more meaningful because they can be compared against values that would be expected in a fully connected landscape. We typically recommend maximum resistances of at least 100, and users often go to 1,000 or 10,000.

5.3. Applying Linkage Mapper to large study areas, large core areas, or large numbers of core areas

Before applying Linkage Mapper to a large project or study area, we recommend testing on a small area with a limited number of core areas. This will help you get a feel for how Linkage Mapper works, and for which parameter combinations will give you results that best meet your objectives. Please note that large core areas can cause Linkage Mapper to take take hours, or even days, to calculate Euclidean distances in step 2. This is a limitation of the ArcGIS GenerateNearTable algorithm, which we use to calculate distances between core areas.

5.4. Manually removing or retaining links

Links can be manually removed by editing one of the *linkTable* files in the *datapass* directory. For example, to remove a link before step 4 runs, edit *linkTable_s3.csv* and set the value for the link in the 'linkType' column to -100. Then run Linkage Mapper starting at step 4 by only checking Steps 4 and 5. Links with negative linkType values are automatically discarded, and -100 is reserved for user-removed links.

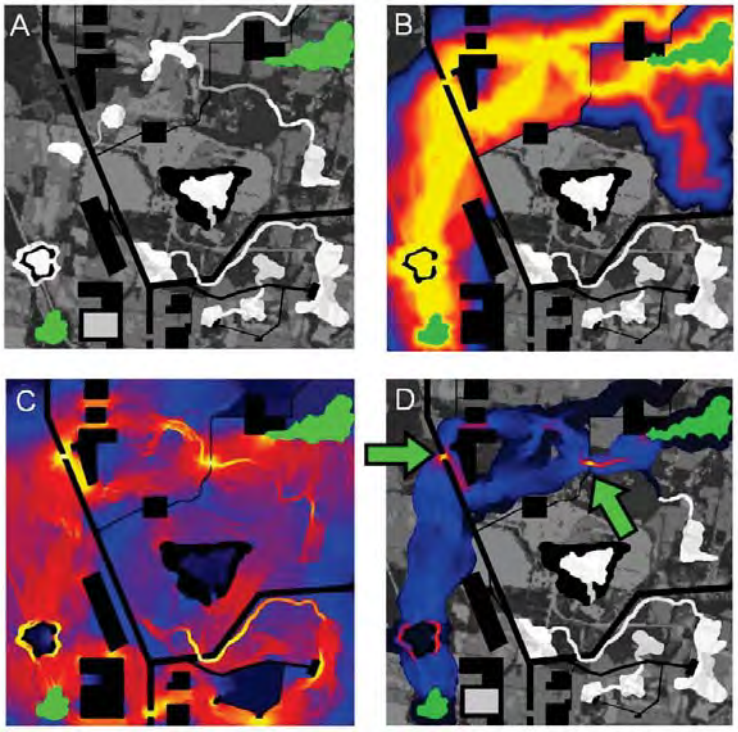
To keep a link that would otherwise be dropped because of its Euclidean or cost-weighted length, first run Linkage Mapper through step 3 without using a maximum distance. Then edit *linkTable_s3.csv* and set the value for the link in the 'linkType' column to 100. You can then apply maximum distances and they will be ignored for that link.

5.5. Freeing up disk space

Linkage Mapper creates cost-weighted distance rasters for every core area. This can take up very large amounts of disk space. To free up disk space once you are satisfied with final results, you can delete the *cwd* folder in your *datapass* directory (the **Delete CWD Rasters** utility will do this for you). Once it's deleted, you will need to re-run step 3 if you want to generate new corridors with modified input settings.

5.6. Combining *Linkage Mapper* and *Circuitscape* to prioritize connectivity conservation

Circuit theory can complement least-cost analyses and help to prioritize important areas for connectivity conservation (McRae et al. 2008). The **Pinchpoint Mapper tool** will automatically run Circuitscape within Linkage Mapper outputs to get the best of both approaches, as illustrated below (see the Pinchpoint Mapper user guide included with the Linkage Mapper download).



Example of how circuit theory can be used to identify and prioritize important areas for connectivity conservation. (A) Simple landscape, with two patches to be connected (green) separated by a matrix with varying resistance to dispersal (low resistance in white, higher resistance in darker shades, and complete barriers in black). (B) Least-cost corridor between the patches (lowest resistance routes in yellow, highest in blue). (C) Current flow between the same two patches derived using Circuitscape (McRae and Shah 2009), with highest current densities shown in yellow (from McRae et al. 2008). Circuit analyses complement least-cost path results by identifying important alternative pathways and "pinch points," where loss of a small area could disproportionately compromise connectivity. (D) A promising application is restricting circuit analyses to least-cost corridor slices to take advantage of the strengths of both approaches. This hybrid approach shows both the most efficient movement pathways and critical pinch points within them, which glow yellow. These could be prioritized over areas that contribute little to connectivity, such as the dark blue "corridor to nowhere" at the top right.

5.7. Common problems

Some programs can conflict with ArcGIS and cause errors. Antivirus software often causes problems (we've seen problems with AVG in particular). Writing to Dropbox folders causes errors too. Apparently these programs try to access files at the same time ArcGIS does, and they don't get along. Disabling antivirus temporarily (it can be hard to fully disable- you have to make sure it's not running in the background) and pausing Dropbox syncing can solve these problems.

5.8 Recovering if ArcMap crashes in step 3

ArcGIS still has some serious bugs when it comes to file locks and cleaning up after itself. This can cause crashes in Step 3 on some installations when processing large numbers of core areas.

To restart where Linkage Mapper left off in step 3 (but see warning below):

1) Check step 2.
2) Enter 'restart' (no quotes, just the word restart) in the Core Area Distances file box.
3) UNcheck step 2 (and step 1 if it was checked). Make sure step 3 is checked.
4) Hit run. Linkage Mapper should pick up where it left off.



Warning: You should only use this if you want to quickly get a corridor map because your LCP and stick feature classes will lose LCPs that were created before the tool left off. But your final raster corridor map should be complete. If possible we recommend re-running from the beginning of step 3 (not using the 'restart' function) and taking steps to avoid ArcGIS errors, like running from ArcCatalog instead of ArcMap.

5.9 Helpful utilities and accessing additional options

See the **Utilities** toolset for tools to clip corridors to desired widths, coarsen resistance rasters, and remove temporary CWD files that take up a lot of space once you are done with corridor mapping.

These utilities don't have separate documentation. Click 'Show help' in the toolbox dialog for explanations of the different inputs and settings.

Once you are familiar with Linkage Mapper, you can change some settings, such default corridor widths or whether to use minimum distances between core areas, by editing lm_settings.py (located in your toolbox/scripts directory).

6. Support

Please join the Linkage Mapper User Group to get updates, report bugs, and suggest enhancements. You can find a link to the user group on the Linkage Mapper website, where our code is hosted: http://www.circuitscape.org/linkagemapper.

7. Literature Cited

Beier, P., W. Spencer, R. Baldwin, and B.H. McRae. 2011. Best science practices for developing regional connectivity maps. *Conservation Biology*.

McRae, B.H., B.G. Dickson, T.H. Keitt, and V.B. Shah. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology* 10: 2712-2724.

McRae, B.H., and Shah, V.B. 2009. Circuitscape User's Guide. ONLINE. The University of California, Santa Barbara. Available at: http://www.circuitscape.org.

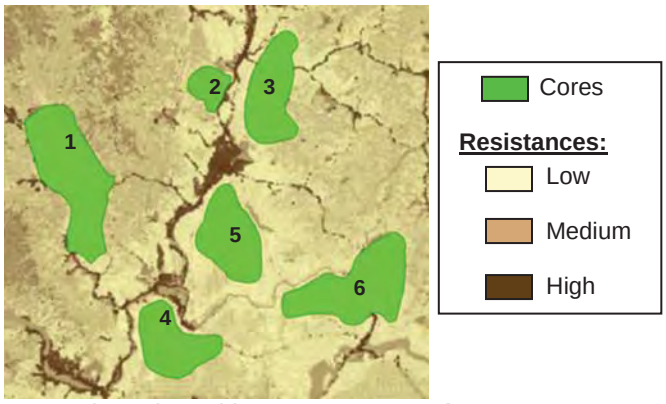
Sawyer, S., C. Epps and J. Brashares. 2011. Placing linkages among fragmented habitats: do least-cost path models reflect how animals use landscapes? Journal of Applied Ecology 48:668-678.

Washington Wildlife Habitat Connectivity Working Group (WHCWG). 2010. *Washington Connected Landscapes Project: Statewide Analysis.* Washington Departments of Fish and Wildlife, and Transportation, Olympia, WA. Available at: http://www.waconnected.org.

8. Linkage Mapper Tutorial

We've provided a zipped directory that includes an ArcMap project **(*LM_Demo.mxd*)** along with two sample GIS layers:

- **A core areas shapefile (*cores.shp*):** Polygon shapefile defining habitat areas or natural landscape blocks to be connected. In this case, we're using data that are mostly fictionalized but loosely based on sharp-tailed grouse habitat it northeastern Washington.
- **A resistance raster (*resistances*):** A raster grid representing the difficulty or energetic cost of moving through each grid cell. Increasing values correspond to increasing movement difficulty.

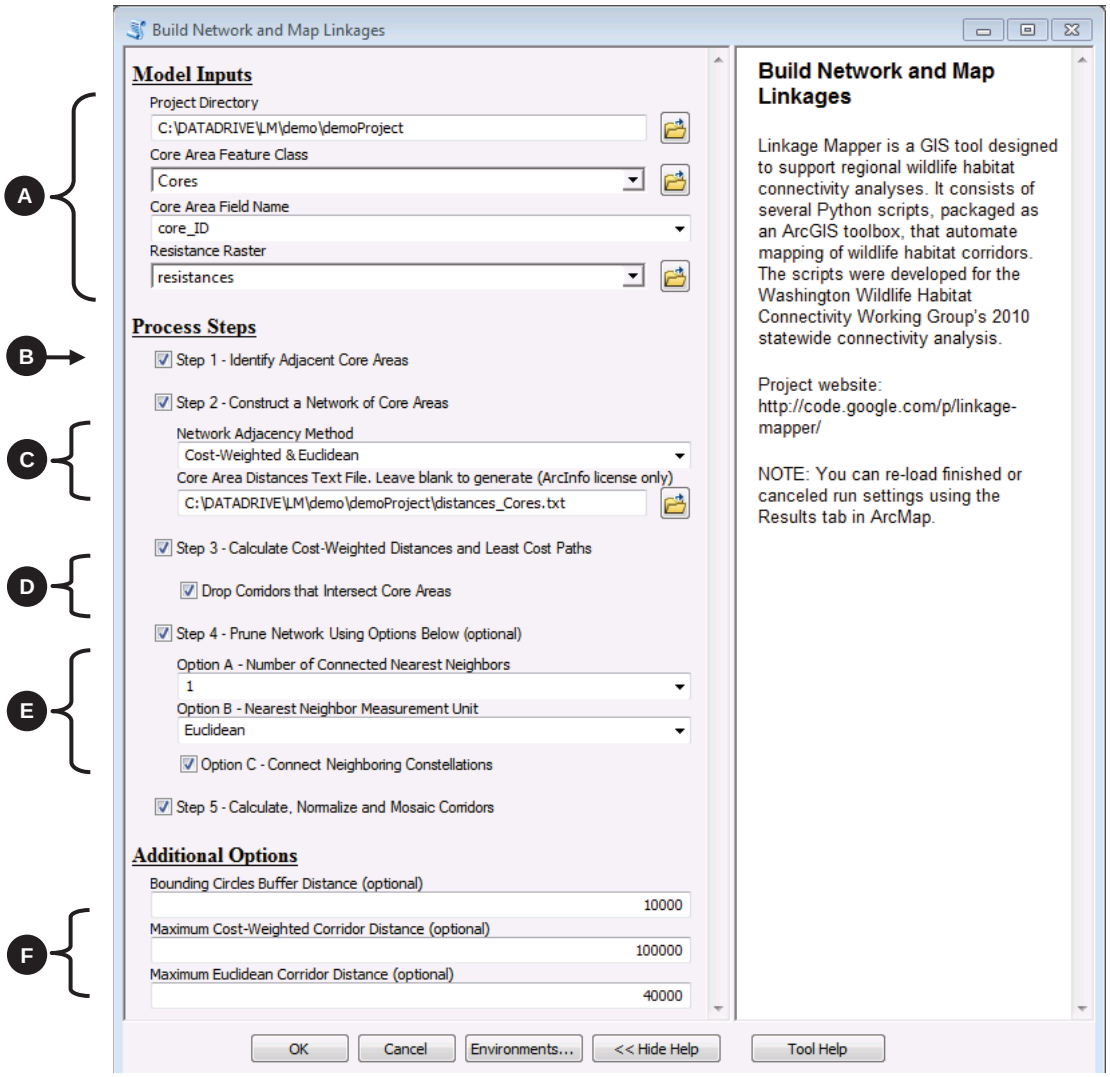


Demo data viewed in ***LM_Demo.mxd.***

1) Place the *demo* directory somewhere easy to browse to *with no spaces or special characters in the directory name* (e.g., *C:\demo*). Your **project directory** for the tutorial will be ***demo\demoProject***.

2) Open LM_Demo.mxd in ArcMap.

3) Open the *Linkage Mapper* Toolbox, and click on *Build Network and Map Linkages*. The following dialog will appear:



4) Enter the following (refer to letters in dialog image above):

A. Input Data

Project Directory: Browse to where you placed the **demo** directory and select the **demoProject** directory within it.

Core Area Feature Class: choose **Cores**

Core Area Field Name: choose **core_ID**

Resistance Raster: choose **resistances**

***B.* Check all the steps.**

C. Step 2 - Construct a Network of Core Areas

Core Area Distances Text File: Browse to where you placed the **demo** directory and open the ***demoProject*** directory within it. Choose **distances_cores.txt (** If you do have an ArcInfo license, you can leave this field blank, it will generate a distance file and place it in your project directory).

Network Adjacency Method: Choose **Cost-Weighted & Euclidean.**

D. *Step 3 - Calculate Cost-Weighted Distances and Least-Cost Paths*

Drop Corridors that Intersect Core Areas: **Check this box.**

E. *Step 4 - Prune Network*

Number of Connected Nearest Neighbors: Choose **1**.

Nearest Neighbor Measurement Unit: Choose **Euclidean distance.**

Connect Neighboring Constellations: **Check this box.**

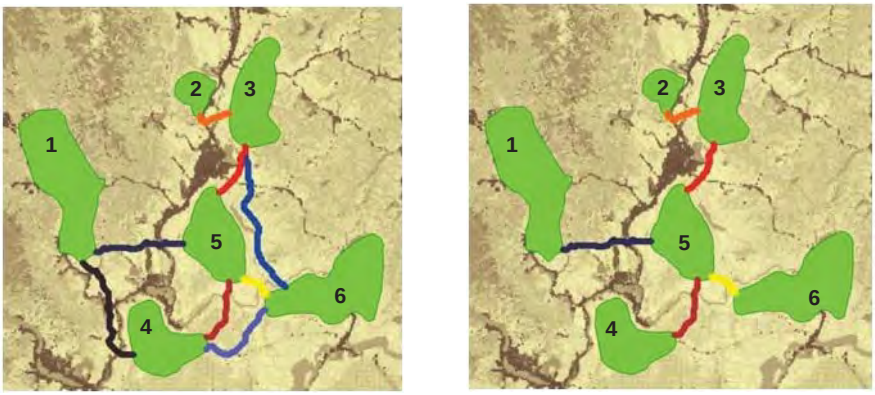
F. *Additional Options:*

Bounding Circles buffer Distance (optional): Enter **10000** (equal to 10km).

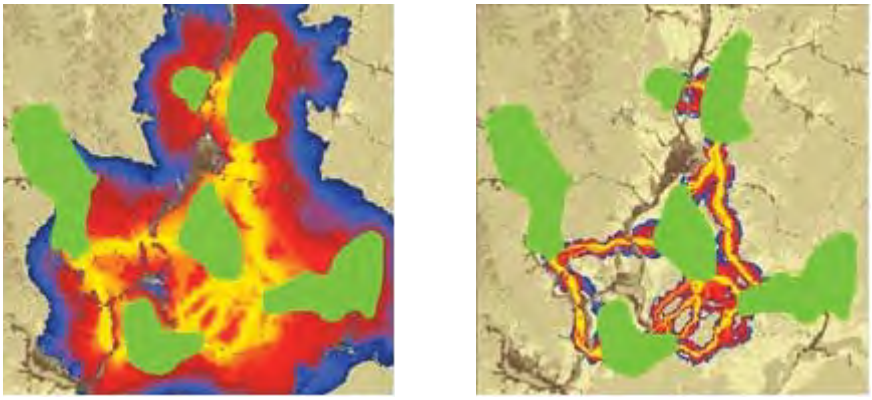
Maximum Cost-Weighted Corridor Distance: Enter **100000** (equal to 100 km).

Maximum Euclidean Corridor Distance: Enter **40000** (equal to 40km).

Click OK. You can view outputs in ***LM_Demo_Results.mxd*.**



Above left is the network showing active links after step 3 using the settings above (intermediate shapefile outputs are stored in the *run_history* directory). Yellow corridors have the lowest cost-weighted distances, and black corridors have the longest. Note that the corridor between cores *1* and *2* has been dropped because it is too long (118 km in cost-weighted distance units). The reason links have been dropped can be determined by querying the stick or lcp shapefiles. Above right is the network after running step 4. Each core area is connected to its nearest neighbor, and the link between cores *3* and *5* connects two otherwise disjunct constellations of core areas.



Left: normalized and mosaicked least-cost corridors (demoProject_corridors in corridors.gdb) produced by the settings above. Only values from 0 to 100,000 are shown. Right: corridors clipped to 5km cost-weighted 'width' cutoff using the **Linkage Mapper Utilities** toolset. See Chapter 2 of WHCWG (2010) for description of linkage width cutoffs.

ANNEXE E

Fiche de caractérisation des corridors écologiques et statistiques

Corridor A

Départ : Station forestière Duchesnay (pôle n°6)

Arrivée : Parc de la Jacques-Cartier (pôle n°1)

Pôle intermédiaire : Réserve écologique de Tantaré (pôle n°12)

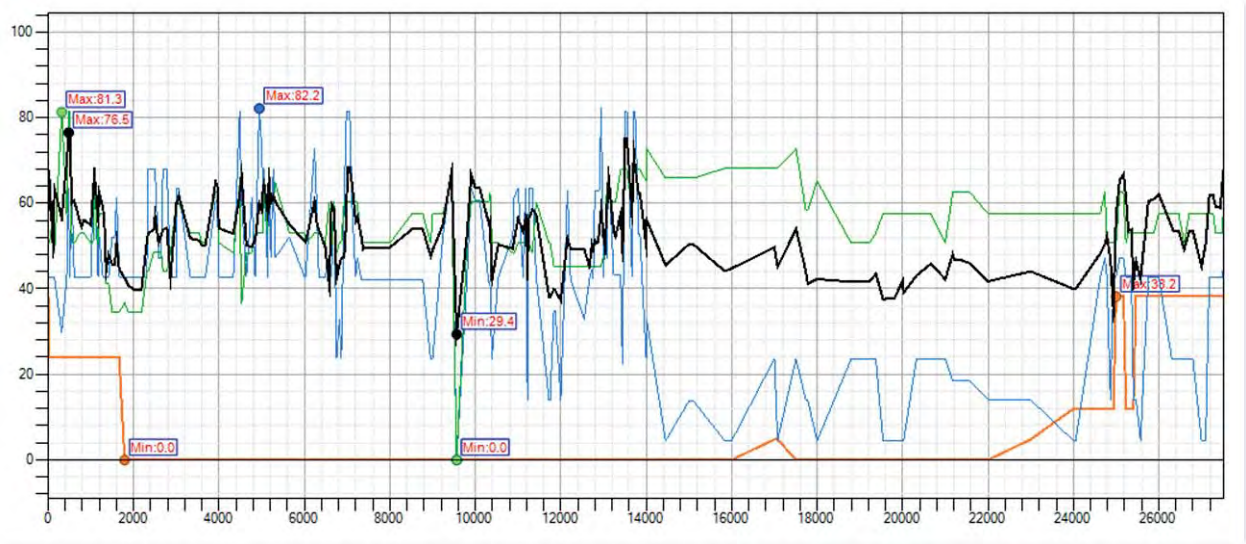


Figure 1 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor A (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN :
    - Somme pondérée des indices : 53,0;
    - Biodiversité : 54,7;
    - Qualité de l'eau : 42,7;
    - Paysage et activités récréatives : 7,6.
- Longueur : 27,5 km

Milieu humain :

Le corridor traverse les municipalités de Shannon, Saint-Gabriel-de-Valcartier et Stoneham-et-Tewkesbury, dans la MRC de La Jacques-Cartier. Le territoire traversé se trouve en milieu périurbain ainsi qu'à l'extérieur des périmètres urbains. La partie ouest du tracé, se trouvant entre la Station forestière Duchesnay et la Réserve écologique de Tantaré, traverse la Base des Forces canadiennes Valcartier, secteur administré par le gouvernement fédéral. Cette section s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau du lac Saint-Joseph. Entre la Réserve écologique de Tantaré et le Parc national de la Jacques-Cartier, le corridor traverse en majorité un secteur forestier et récréo-forestier, ainsi qu'une petite zone rurale en bordure de la rivière Jacques-Cartier.

Corridor B

Départ : Réserve écologique Tantaré (pôle n°12)

Arrivée : Parc linéaire de la rivière Saint-Charles (pôle n°20)

Pôle intermédiaire : Tourbière du lac de la Savane (pôle n°41)

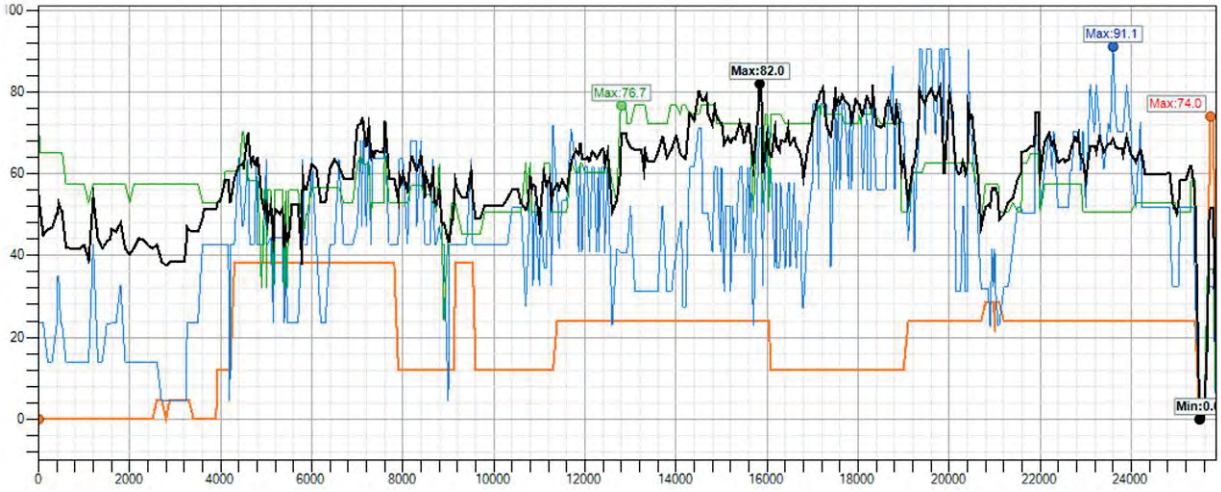


Figure 2 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor B (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN :
    - Somme pondérée des indices : 61,0
    - Biodiversité : 59,7
    - Qualité de l'eau : 48,9
    - Paysage et activités récréatives : 20,6
- Longueur : 25,9 km

Milieu humain :

Le corridor traverse la municipalité de Saint-Gabriel-de-Valcartier, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et l'arrondissement de la Haute-Saint-Charles de la Ville de Québec. Le corridor se trouve en milieu périurbain et traverse les périmètres urbains des deux municipalités concernées. La partie nord du tracé, se trouvant entre la Réserve écologique de Tantaré et la tourbière du lac de la Savane, traverse le territoire de la municipalité de Saint-Gabriel-de-Valcartier, caractérisé par une succession de diverses affectations du territoire dont principalement : agricole, rurale, urbaine et industrielle. La section plus au sud, traverse du nord au sud des territoires forestiers et récréo-forestiers pour finalement atteindre le milieu urbain du secteur Lac-Saint-Charles et le pôle du Parc linéaire de la rivière Saint-Charles. Cette section du corridor est située dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.

Corridor C

Départ : Réserve écologique de Tantaré (pôle n°12).

Arrivée : Secteur nord-est de l'Arrondissement Beauport (pôle n°43)

Pôles intermédiaires :

- Mont Wright (pôle n°4);
- Secteur de la rivière des Sept-Ponts (pôle n°44).

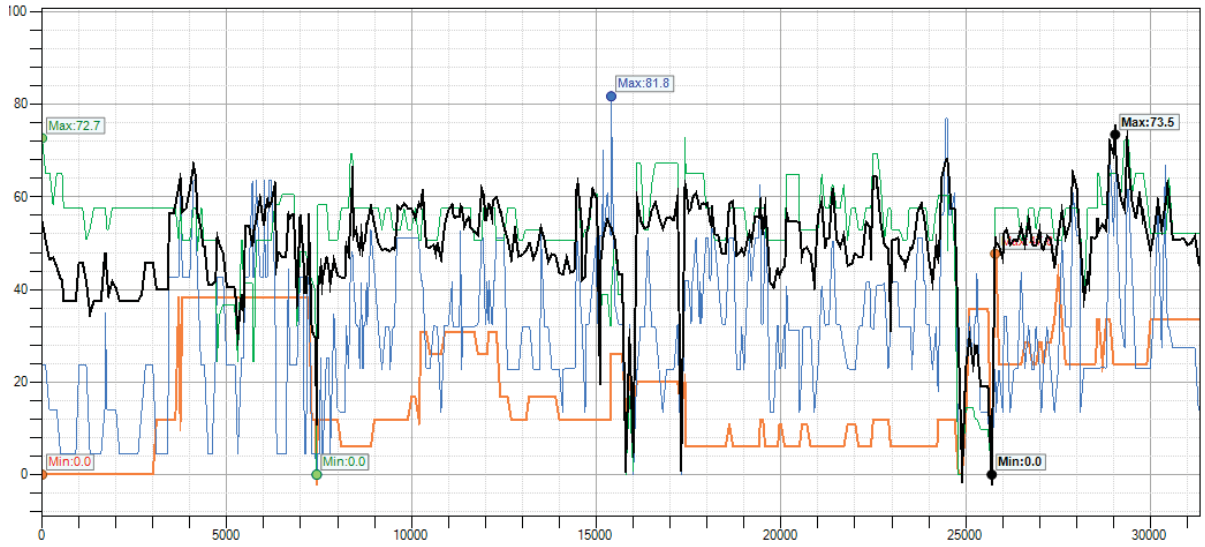


Figure 3 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor C (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN :
    - Somme pondérée des indices : 50,3;
    - Biodiversité : 53,8;
    - Qualité de l'eau : 31,5;
    - Paysage et activités récréatives : 18,3.
- Longueur : 31,3 km

Milieu humain :

Le corridor traverse les municipalités de Stoneham-et-Tewkesbury et Lac-Beauport, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et l'arrondissement Beauport de la Ville de Québec. Le corridor se trouve en milieu périurbain. La partie nord du tracé, se trouvant à Stoneham-et-Tewkesbury et entre la Réserve écologique de Tantaré et le mont Wright, se caractérise par une succession de diverses affectations du territoire : forestière, rurale, industrielle et récréo-forestière. La section plus au sud, entre le mont Wright et le secteur de la rivière des Sept-Ponts, traverse un secteur affecté « récréo-forestier » avant de traverser le milieu urbain de Lac-Beauport. Le corridor se poursuit ensuite en milieu forestier jusqu'au secteur nord-est de l'Arrondissement Beauport. Le corridor s'étend en majorité dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.

Corridor D

Départ : Parc national de la Jacques-Cartier (pôle 1).

Arrivée : Réserve naturelle des Marais-du-Nord (pôle 5).

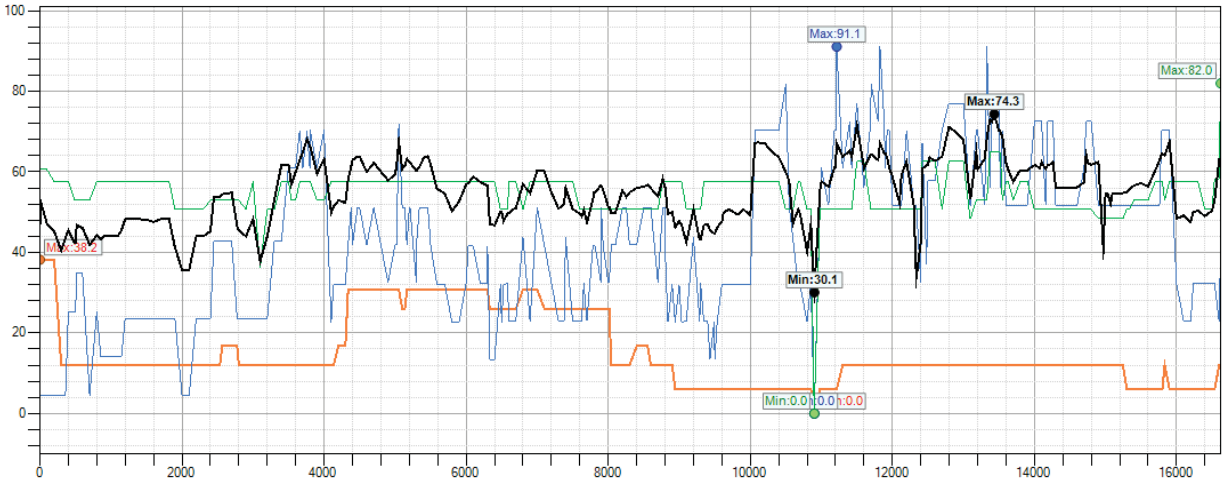


Figure 4 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor D (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN :
    - Biodiversité : 54,8;
    - Qualité de l'eau : 43,7;
    - Paysage et activités récréatives : 15,2;
    - Somme pondérée des indices : 55,3.
- Longueur : 16,6 km

Milieu humain :

Le corridor traverse la municipalité de Stoneham-et-Tewkesbury, dans la MRC de La Jacques-Cartier et se trouve en milieu périurbain. Du nord au sud, le tracé traverse un secteur majoritairement boisé et d'affectations forestière, récréo-forestière et récréative. Il traverse ensuite un secteur rural ponctué d'un secteur industriel avant de rejoindre la Réserve naturelle des Marais-du-Nord. Le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.

Corridor E

Départ : Parc national de la Jacques-Cartier (pôle n°1).

Arrivée : Secteur nord-est de l'Arrondissement Beauport (pôle n° 43).

Pôle intermédiaire : Mont Wright (pôle n°4).

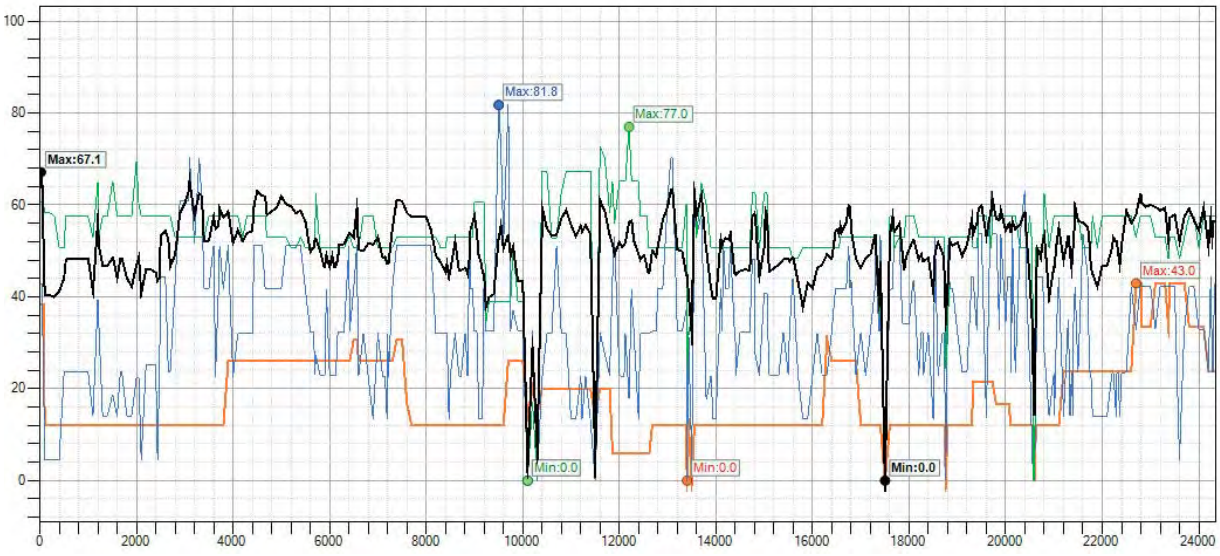


Figure 5 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor E (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 53,4;
    - Qualité de l'eau : 33,4;
    - Paysage et activités récréatives : 17,5;
    - Somme pondérée des indices : 50,9.
- Longueur : 24,4 km.

Milieu humain :

Le corridor traverse les municipalités de Stoneham-et-Tewkesbury et Lac-Beauport, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et l'arrondissement Beauport de la Ville de Québec. Le corridor se trouve en milieu périurbain. Le tracé s'étend entre le Parc national de la Jacques-Cartier et le mont Wright dans un milieu boisé d'affectations forestière, récréo-forestière, récréative et rurale. Il se poursuit ensuite jusqu'au secteur nord-est de l'Arrondissement de Beauport dans des secteurs d'affectation récréo-forestière (Lac-Beauport) et forêt (Ville de Québec). Le corridor s'étend en majorité dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et en partie dans celui de la Montmorency.

Corridor F

Départ : Parc national de la Jacques-Cartier (pôle n°1).

Arrivée : Milieux humides et boisés de Château-Richer et de L'Ange-Gardien (pôle n° 40)

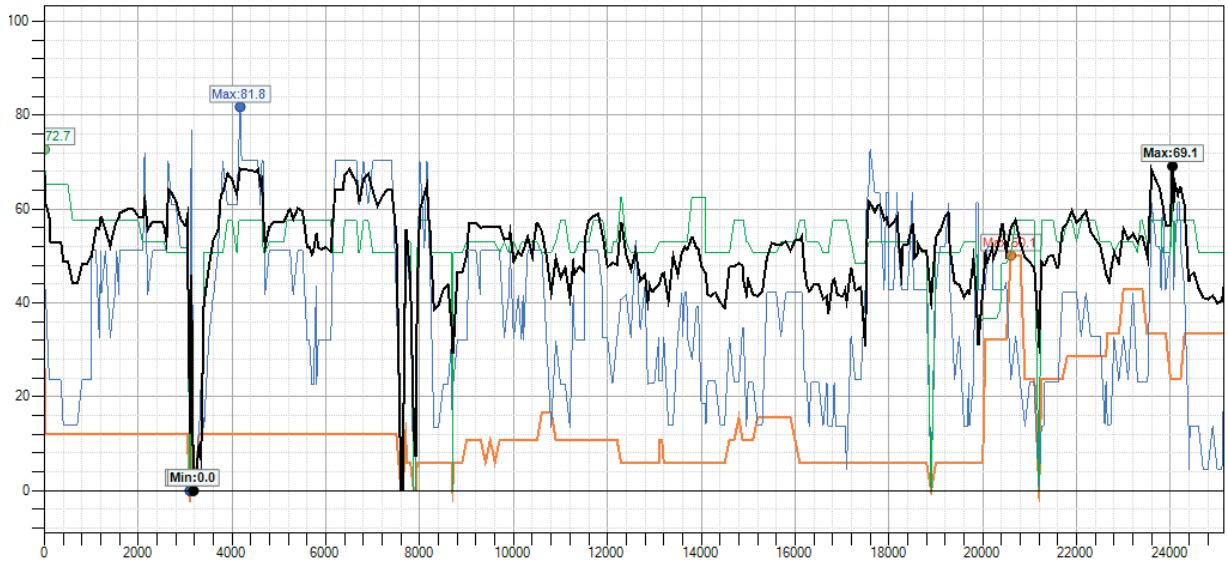


Figure 6 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor F (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 51,8
    - Qualité de l'eau : 37,7
    - Paysage et activités récréatives : 13,5
    - Somme pondérée des indices : 51,1
- Longueur : 25,1 km

Milieu humain :

Le corridor traverse les municipalités de Stoneham-et-Tewkesbury et Sainte-Brigitte-de-Laval, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et la municipalité de L'Ange-Gardien, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré. Le corridor se trouve en milieu périurbain et s'étend du Parc national de la Jacques-Cartier jusqu'aux milieux humides et boisés de Château-Richer et de L'Ange-Gardien. Du nord vers le sud, ce corridor traverse essentiellement un milieu boisé, d'affectation forestière et récréo-forestière. Il traverse également les deux secteurs ruraux de Saint-Adolphe et Ste-Brigitte-de-Laval. Son tracé se termine dans la municipalité de L'Ange-Gardien, dans un secteur boisé de la zone agricole. Le corridor s'étend dans les bassins versants des prises d'eau des rivières Saint-Charles et Montmorency.

Corridor G

Départ : Parc national de la Jacques-Cartier (pôle n°1).

Arrivée : Parc du Mont Sainte-Anne (pôle n°2).

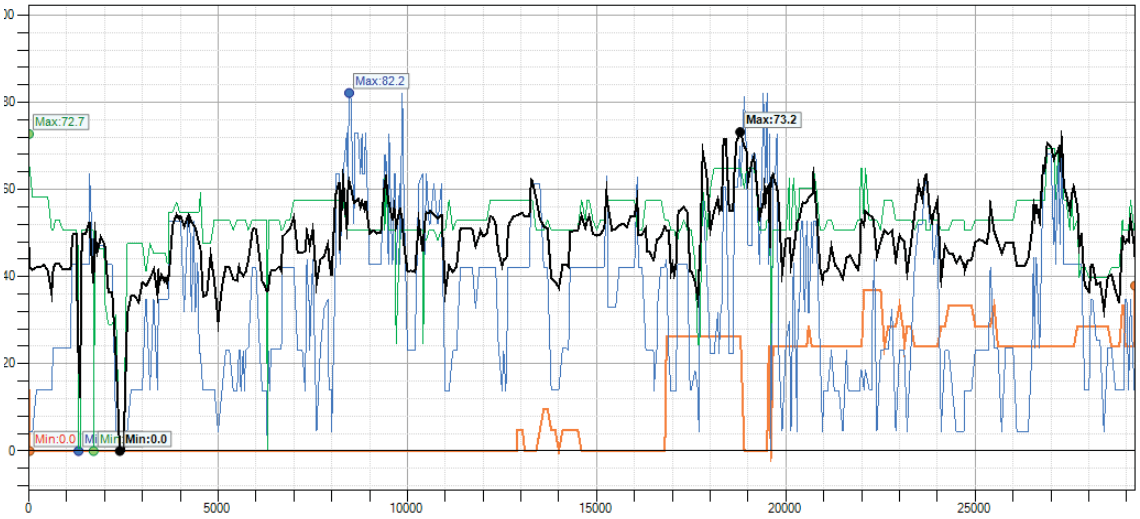


Figure 7 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor G (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 52,5
    - Qualité de l'eau : 35,3
    - Paysage et activités récréatives : 10,9
    - Somme pondérée des indices : 49,4
- Longueur : 29,2 km

Milieu humain :

Le corridor traverse les municipalités de Stoneham-et-Tewkesbury et Sainte-Brigitte-de-Laval, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et le nord des municipalités de Château-Richer et Sainte-Anne-de-Beaupré, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré. Le tracé du corridor, boisé dans son entièreté, relie le Parc national de la Jacques-Cartier au Mont-Sainte-Anne. Le territoire est majoritairement affecté récréo-forestier. Il s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, mais surtout dans celui de la Montmorency.

Corridor H

Départ : Mont Wright (pôle n°4)

Arrivée : Complexes de milieux humides des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Shannon et Sainte-Catherine (pôle n°46).

Pôles intermédiaires :

- Réserve naturelle des Marais-du-Nord (pôle n°5);
- Tourbière du lac de la Savane (pôle n°41);
- Complexe de tourbières des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Saint-Gabriel et base militaire (pôle n°45);
- Tourbière de Shannon (pôle n°17).

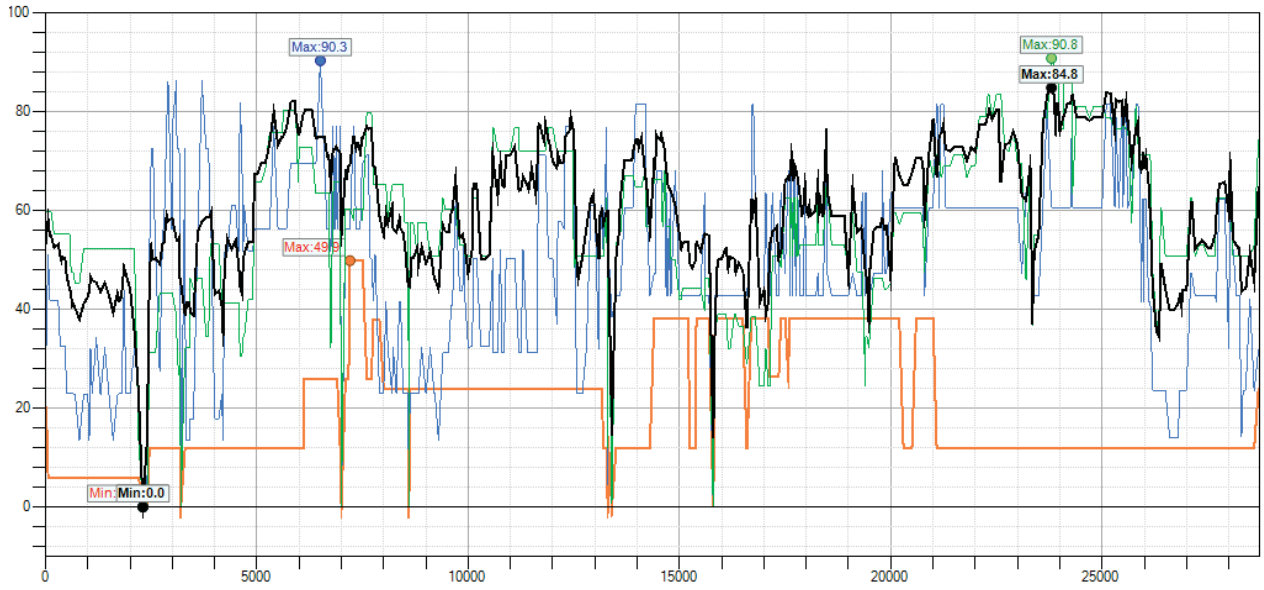


Figure 8 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor H (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 57,6
    - Qualité de l'eau : 49,9
    - Paysage et activités récréatives : 20,9
    - Somme pondérée des indices : 60,9
- Longueur : 28,7 km

Milieu humain :

Le corridor traverse les municipalités de Stoneham-et-Tewkesbury, Lac-Delage, Saint-Gabriel-de-Valcartier et Shannon, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et une petite partie du nord de la Ville de Québec (arrondissement Haute-Saint-Charles). D'est en ouest, le tracé s'étend successivement dans des secteurs récréo-forestier et ruraux des municipalités de Stoneham, Lac-Delage et du nord de la Ville de Québec en traversant de petites bordures des périmètres urbains des deux premières municipalités. Il poursuit ensuite son parcours dans la municipalité de Saint-Gabriel-de-Valcartier où il traverse successivement des secteurs agricoles et ruraux, et ensuite le territoire occupé par la Base des Forces canadiennes Valcartier. Il termine sa route à travers des milieux humides à Shannon, sur des secteurs d'affectations récréo-forestière et de conservation. Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et en petite partie dans celui du lac Saint-Joseph.

Corridor I

Départ : Baie de Beauport (pôle n°25)

Arrivée : Réserve naturelle des Marais-du-Nord (pôle n°5)

Pôles intermédiaires :

- Parc des Saules (pôle n°29);
- Parc Chauveau (pôle n°27);
- Parc linéaire de la rivière Saint-Charles (pôle n°20).

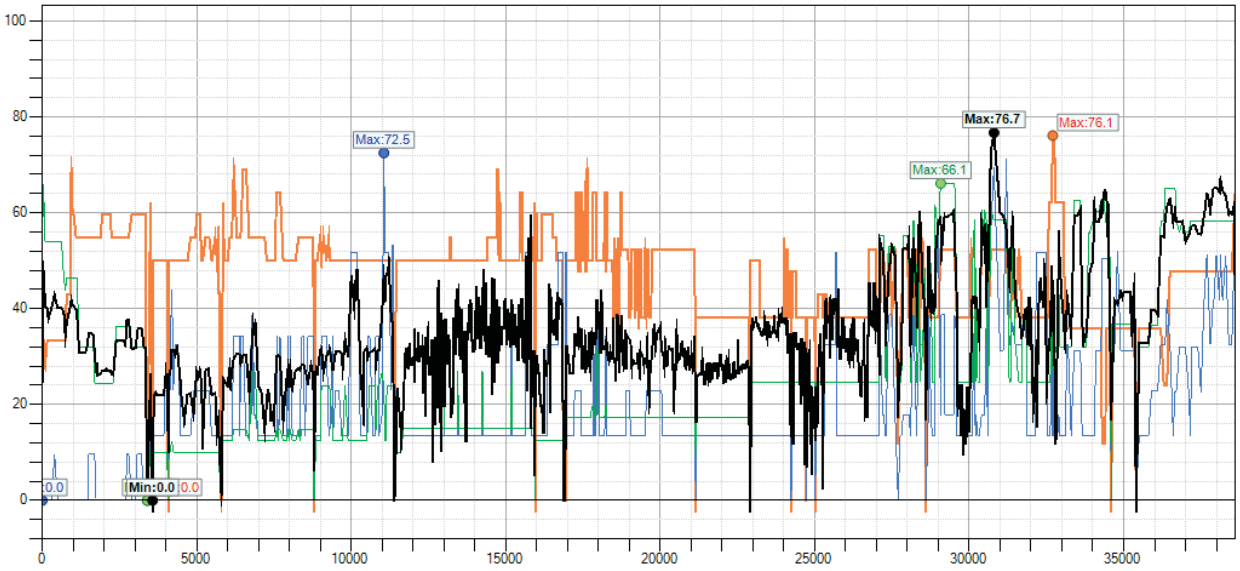


Figure 9 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor I (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 21,7
    - Qualité de l'eau : 17,3
    - Paysage et activités récréatives : 46,1
    - Somme pondérée des indices : 32,5
- Longueur : 38,6 km

Milieu humain :

Le corridor traverse du sud vers le nord les arrondissements de la Cité-Limoilou, des Rivières et de la Haute-Saint-Charles de la Ville de Québec. Au départ de la baie de Beauport, le tracé du corridor suit essentiellement celui de la rivière Saint-Charles et du parc du même nom, dans un milieu urbain affecté majoritairement en espace vert. Il se poursuit jusqu'au lac Saint-Charles dans des secteurs affectés en alternance en espace vert, forêt et milieu urbain, avant de rejoindre la Réserve naturelle des Marais-du-Nord. Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (secteur nord).

Corridor J

Départ : Station forestière Duchesnay (pôle n°6)

Arrivée : Complexe de milieux humides des buttes du Capsa (pôle n°49)

Pôles intermédiaires :

- Le complexe humide du chemin de Bélair (pôle n°23);
- Complexes de milieux humides des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Shannon et Sainte-Catherine (pôle n° 46).

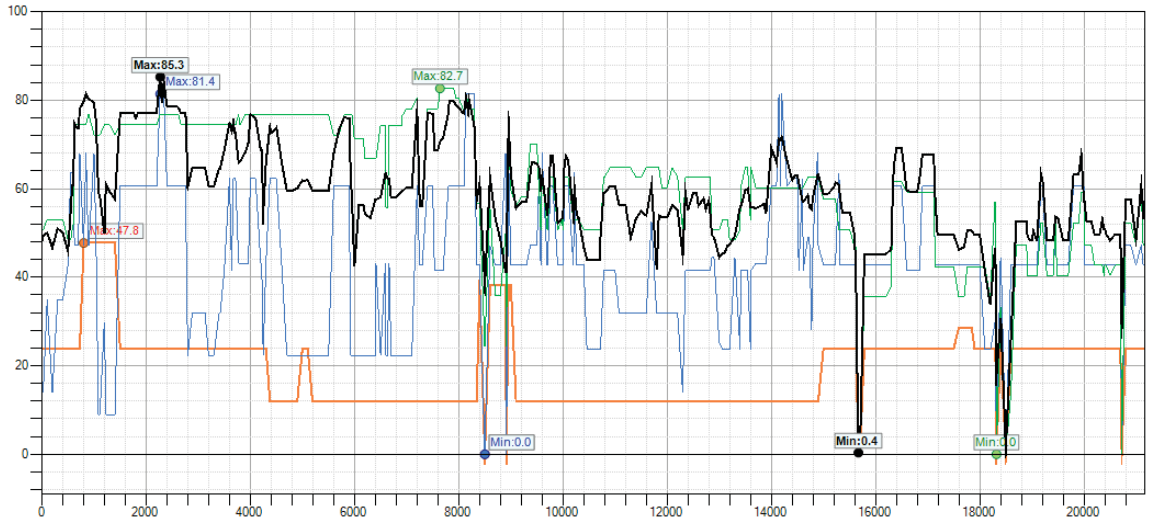


Figure 10 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor J (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 60,3
    - Qualité de l'eau : 43,3
    - Paysage et activités récréatives : 19.3
    - Somme pondérée des indices : 59,1
- Longueur : 21,2 km

Milieu humain :

Le corridor traverse du nord au sud les municipalités de Fossambault-sur-le-Lac et de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et se poursuit jusqu'à Saint-Augustin-de-Desmaures, dans l'Agglomération de Québec. À partir de la Station forestière Duchesnay, le corridor traverse un secteur récréo-forestier et de conservation. Il traverse ensuite un secteur boisé en zone agricole et de petits secteurs affectés rural et récro-forestier de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Le tracé se termine en zone agricole boisé de Saint-Augustin-de-Desmaures. Une petite partie du corridor (nord) est situé dans la prise d'eau du bassin versant du lac Saint-Joseph.

Corridor K

Départ : Réserve naturelle des Marais-du-Nord (pôle n°5)

Arrivée : Complexes de milieux humides des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Shannon et Sainte-Catherine (pôle n°46)

Pôles intermédiaires :

- Marécage du bout de la route de l'Aéroport (pôle n° 48);
- Le complexe humide du chemin de Bélair (pôle n°23).

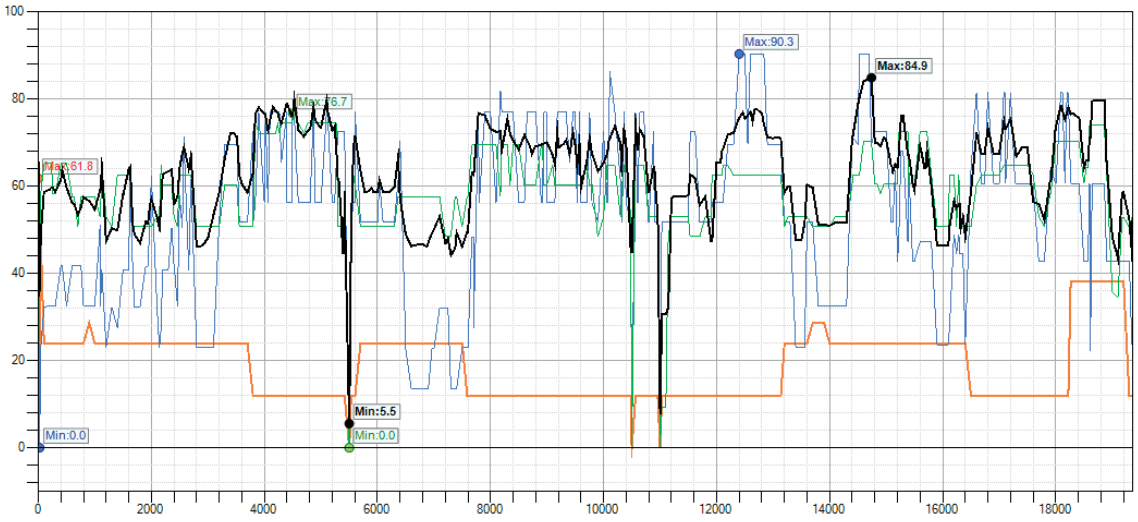


Figure 11 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor K (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 58,9
    - Qualité de l'eau : 54,2
    - Paysage et activités récréatives : 18,6
    - Somme pondérée des indices : 58,9
- Longueur : 19,4 km

Milieu humain :

Le corridor traverse de l'est vers l'ouest l'arrondissement Haute-Saint-Charles de la Ville de Québec et les municipalités de Saint-Gabriel-de-Valcartier et de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, se trouvant dans la MRC de La Jacques-Cartier. Le tracé du corridor démarre à la Réserve naturelle des Marais-du-Nord, et il traverse vers l'ouest des secteurs boisés et affectés forêt et récréo-forestier. Il rejoint un secteur agricole à Saint-Gabriel-de-Valcartier, où il traverse une petite partie de son périmètre urbain (traverse d'une route). Il traverse ensuite une petite portion au sud de la Base des Forces canadiennes pour Valcartier avant de poursuivre sa course dans un secteur boisé du nord de la Ville de Québec jusqu'aux complexes de milieux humides des terrasses de la rivière Jacques-Cartier. Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.

Corridor L

Départ : Complexe de tourbières des terrasses de la rivière Jacques-Cartier – secteur Saint-Gabriel et base militaire (pôle n°45).

Arrivée : Parc linéaire de la rivière Saint-Charles (pôle n°20).

Pôle intermédiaire : Marécage du bout de la route de l'Aéroport (pôle 48).

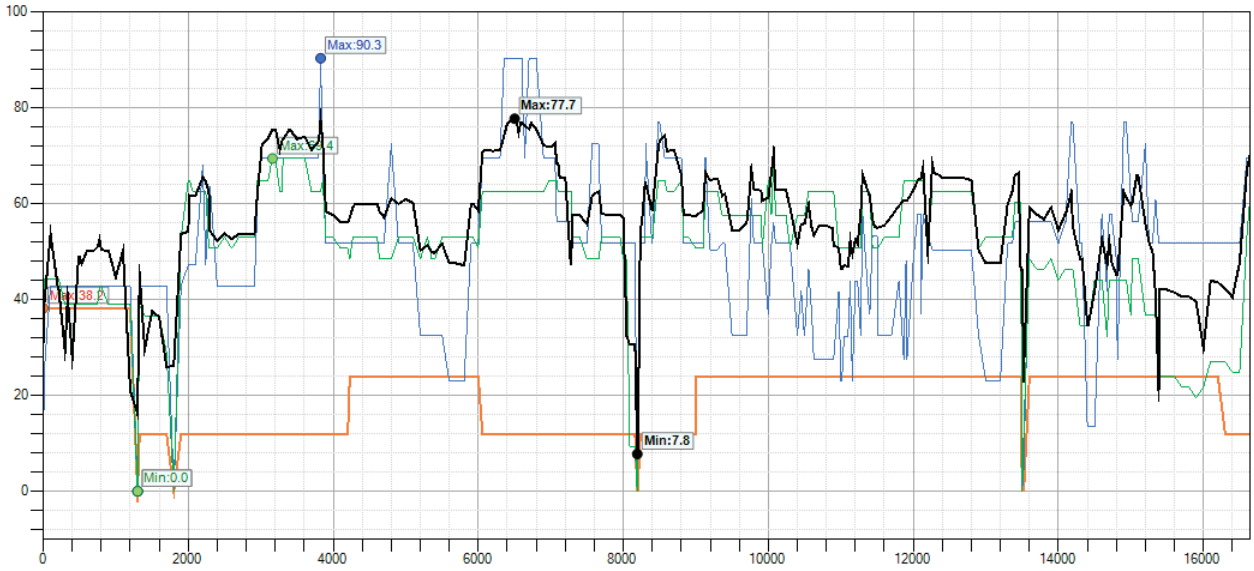


Figure 12 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor L (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 51,0
    - Qualité de l'eau : 50,7
    - Paysage et activités récréatives : 19,7
    - Somme pondérée des indices : 56,5
- Longueur : 16, km

Milieu humain :

Le corridor traverse de l'ouest vers l'est la municipalité de Shannon, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et ensuite l'arrondissement Haute-Saint-Charles de la Ville de Québec. Le tracé démarre au Complexe de tourbière des terrasses de la rivière Jacques-Cartier, ou il traverse le périmètre urbain de Shannon et des secteurs affectés agricole et industriel. Après son passage par le pôle n°48, il poursuit son chemin à travers un secteur d'affectation forestière sur le territoire de la ville de Québec pour aboutir dans le secteur du Château-d'Eau du parc de la rivière Saint-Charles. Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.

Corridor M

Départ : Réserve naturelle des Marais-du-Nord (pôle 5)

Arrivée : Secteur de la rivière des Sept-Ponts (pôle 44)

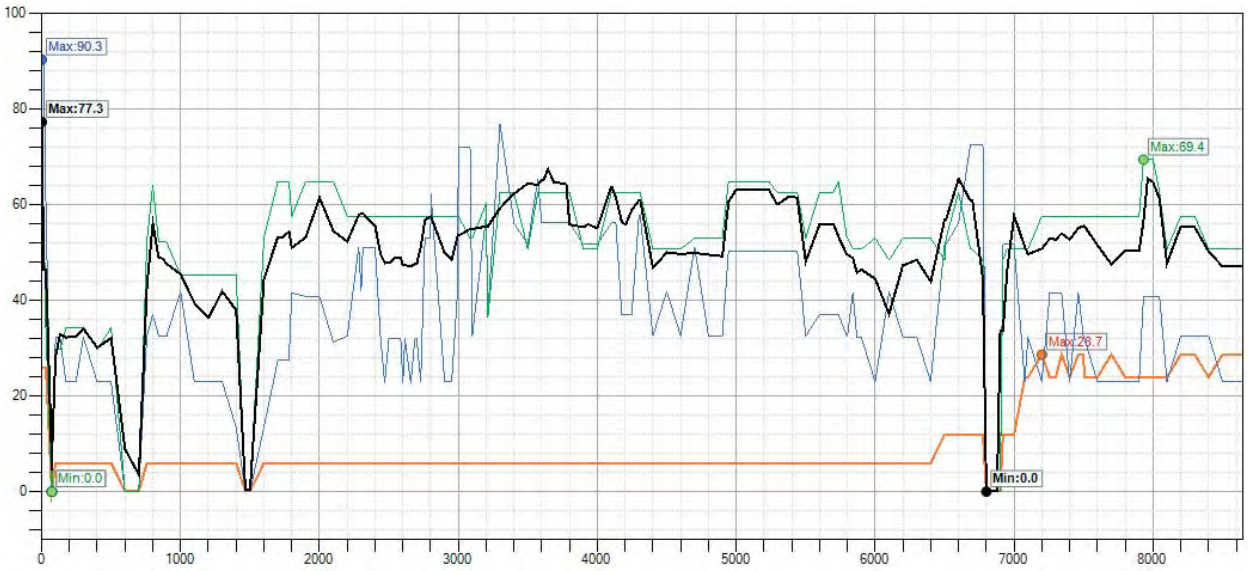


Figure 13 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor M (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 52,3
    - Qualité de l'eau : 37,9
    - Paysage et activités récréatives : 9,5
    - Somme pondérée des indices : 49,5
- Longueur : 8,6 km

Milieu humain :

Le corridor débute à Stoneham, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et se poursuit dans l'arrondissement Charlesbourg de la Ville de Québec. Le tracé démarre à la Réserve naturelle des Marais-du-Nord, et il s'étend vers le sud en traversant des secteurs d'affectation rurale, industrielle et récréo-forestière sur le territoire de Stoneham-et-Tewkesbury. Il poursuit son chemin vers le sud, à travers un milieu boisé d'affectation forestière de l'Arrondissement Charlesbourg où il traverse une petite partie de son périmètre urbain (traverse d'une route) avant de terminer son chemin dans le secteur de la rivière des Sept-Ponts. Le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et termine sa course dans celui du lac Bégon.

Corridor N

Départ : Parc linéaire de la rivière Saint-Charles (pôle n°20)

Arrivée : Parc des Saules (pôle n°29)

Pôles intermédiaires :

- Complexe humide Laurentien (pôle n°47);
- Parc de l'Escarpement (pôle n°26).

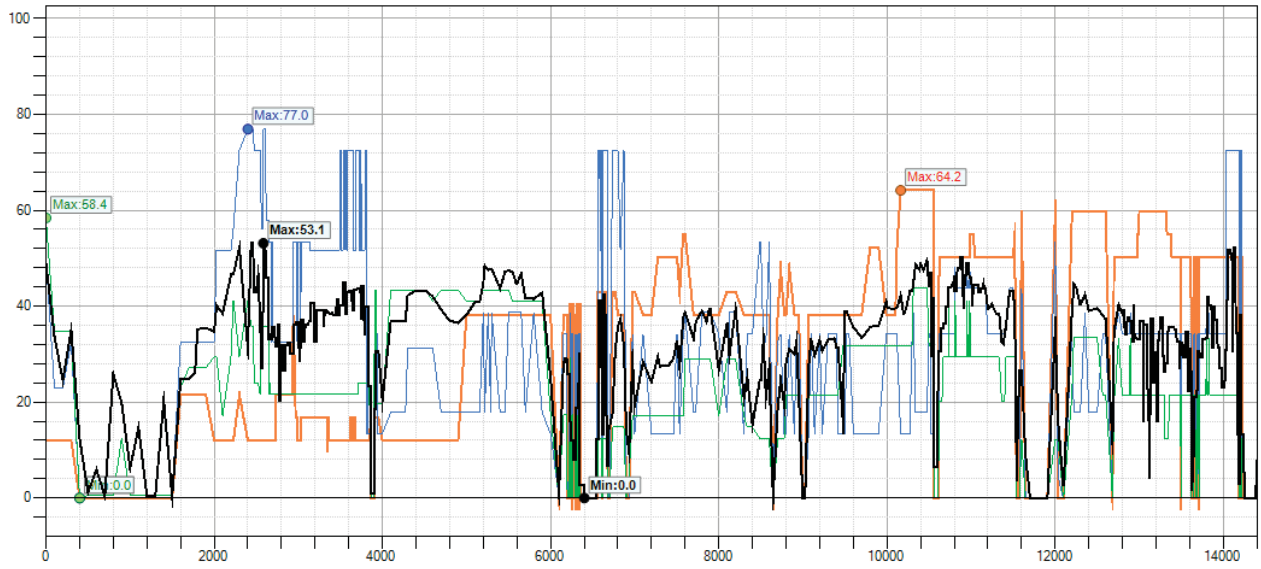


Figure 14 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor M (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 21,0
    - Qualité de l'eau : 38,2
    - Paysage et activités récréatives : 27,5
    - Somme pondérée des indices : 32,6
- Longueur : 14,4 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Québec, dans les arrondissements Haute-Saint-Charles et Charlesbourg. Au départ du secteur du Château d'Eau du Parc linéaire de la rivière Saint-Charles, le corridor traverse un secteur boisé d'affectation forestière en passant par le mont Irma-Levasseur jusqu'au complexe humide Laurentien, ou il borde des secteurs d'affectation urbaine et industrielle. Il emprunte ensuite le tracé de la rivière du Berger vers le sud en traversant le secteur urbain de l'arrondissement Les Rivières jusqu'au secteur du parc des Saules.

Corridor O

Départ : Complexe humide Laurentien (pôle n°47)

Arrivée : Secteur nord-est de l'Arrondissement Beauport (pôle n°43)

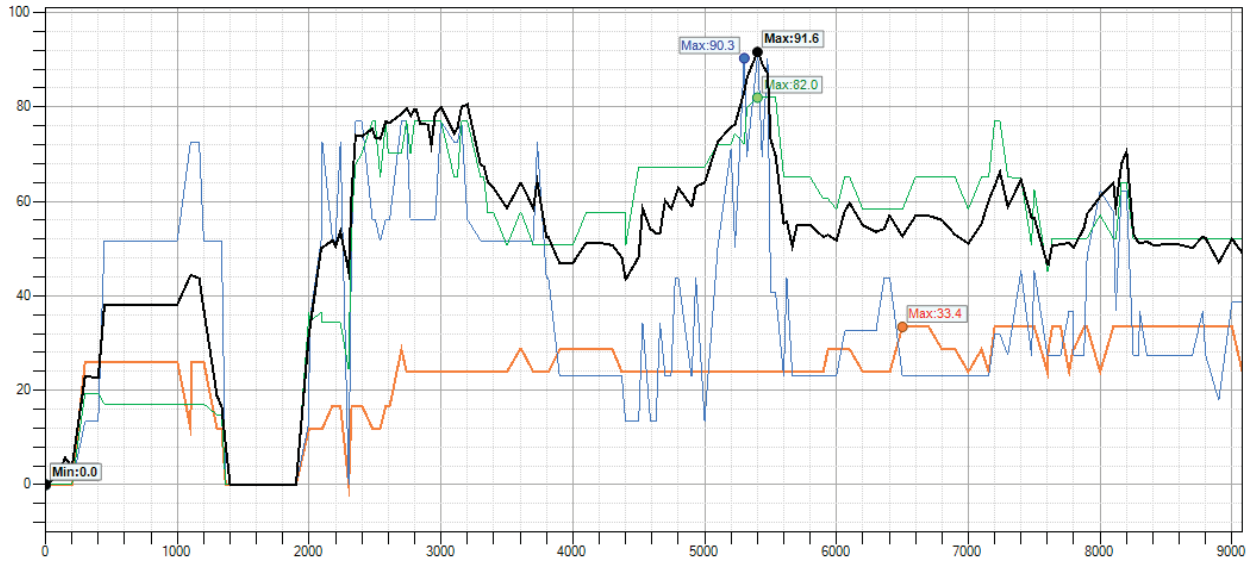


Figure 15 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor O (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 51,6
    - Qualité de l'eau : 38,4
    - Paysage et activités récréatives : 23,3
    - Somme pondérée des indices : 53,2
- Longueur : 9,1 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Québec, dans les arrondissements Charlesbourg et Beauport. Le tracé débute dans un secteur d'affectation industrielle du complexe humide Laurentien et se poursuit vers l'est en passant par le parc des Moulins. Il traverse ensuite le milieu urbain de l'arrondissement de Charlesbourg et emprunte le corridor de la rivière des Roches à travers un secteur affecté « forêt », où il bifurque vers l'est avant l'embouchure du lac du même nom, pour finalement rejoindre le secteur nord-est de l'Arrondissement de Beauport.

Corridor P

Départ : Mont Bélair (pôle n°7)

Arrivée : Parc des Saules (pôle n°29)

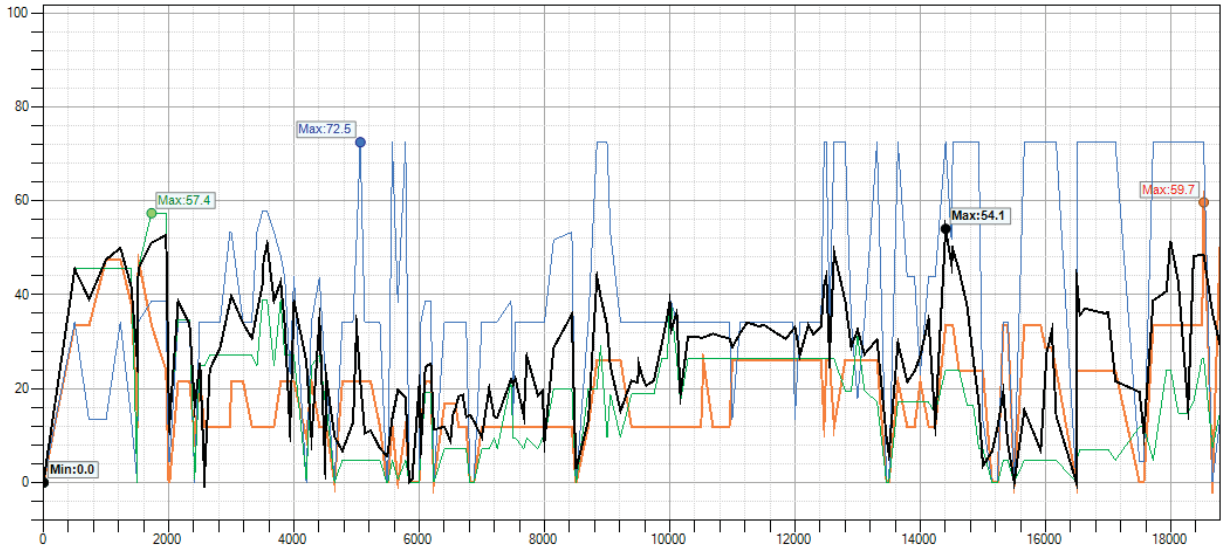


Figure 16 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor P (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 17,3
    - Qualité de l'eau : 38,5
    - Paysage et activités récréatives : 18,4
    - Somme pondérée des indices : 26,2
- Longueur : 20,8 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur les territoires des villes de Québec, dans les arrondissements de La Haute-Saint-Charles, de Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge et des Rivières, et de L'Ancienne-Lorette, toutes deux dans l'Agglomération de Québec. Au départ du mont Bélair, le tracé s'étend dans l'arrondissement de la Haute-Saint-Charles vers le sud-est dans des secteurs boisés d'affectation forestière et agricole. Il rejoint ensuite le milieu urbain de L'Ancienne-Lorette en empruntant le chemin de la rivière Lorette et du parc du même nom. Il termine sa course dans l'arrondissement Les Rivières à travers des secteurs d'affectation urbaine et industrielle pour rejoindre ultimement le parc des Saules.

Corridor Q

Départ : Tourbière de Shannon (pôle n°7)

Arrivée : Parc de la Plage-Jacques-Cartier et falaise du promontoire de Québec, secteur du sentier des Grèves (pôle n°33)

Pôle intermédiaire :

- Complexe de milieux humides des buttes du Capsa (pôle n°49)
- Réserve naturelle des Battures de Saint-Augustin-de-Desmaures (pôle n°36)
- Parc des sentiers de la rivière du Cap Rouge, secteur du Vieux-Cap-Rouge (pôle n°32)

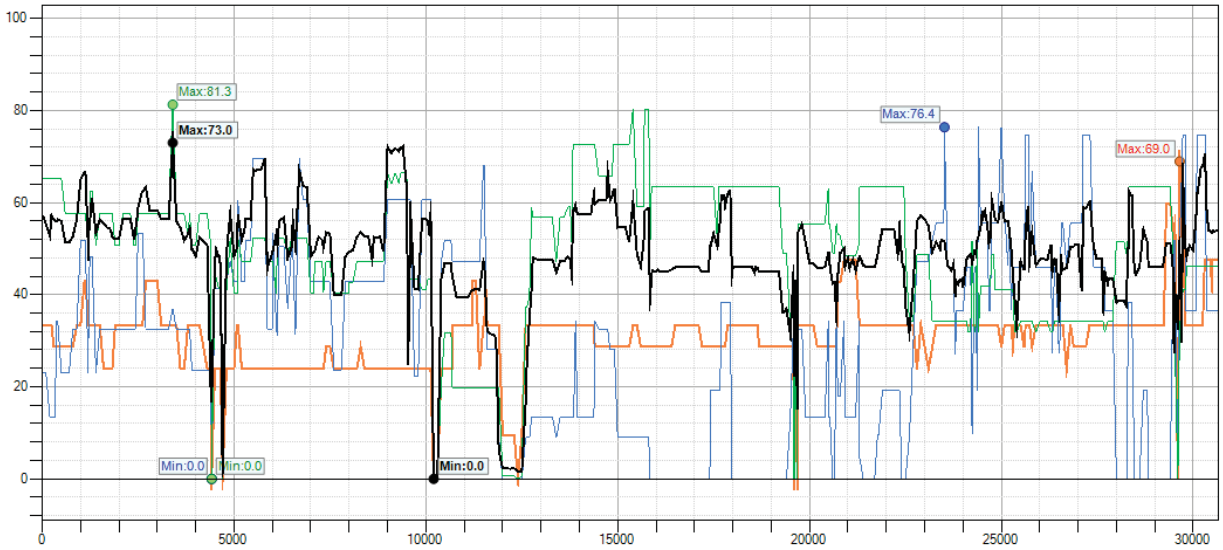


Figure 17 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor Q (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 48,4
    - Qualité de l'eau : 31,5
    - Paysage et activités récréatives :30,9
    - Somme pondérée des indices : 49,2
- Longueur : 30,7 km

Milieu humain :

Le corridor s’étend sur les territoires des villes de Québec, dans les arrondissements de La Haute-Saint-Charles et de Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge et des Rivières, et de Saint-Augustin-de-Desmaures, toutes deux dans l’Agglomération de Québec. Il s’étend également en petite partie sur le territoire de Saint-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Au départ du mont Bélair, le corridor traverse un petit secteur de l'arrondissement de la Haute-Saint-Charles et de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier vers le sud-ouest dans des milieux boisés d'affectation forestière et récréo-forestière. Il rejoint ensuite le milieu boisé et agricole de Saint-Augustin-de-Desmaures jusqu'aux buttes du Capsa, à l'extrémité sud-ouest du territoire de la CMQ. Le corridor poursuit sa course vers l'est en bordure du fleuve Saint-Laurent, dans des affectations en alternance « agricole » et de « grève 500 m ». Le corridor poursuit sa course le long du fleuve dans le milieu urbain du secteur Cap-Rouge jusqu'au parc de la Plage-Jacques-Cartier et au Sentier des Grèves.

Corridor R

Départ : Milieux humides et boisés de Château-Richer et de L'Ange-Gardien (pôle n°40)

Arrivée : Secteur nord-est de l'Arrondissement Beauport (pôle n°43)

Pôle intermédiaire : Tourbière boisée du Coteau de L'Ange-Gardien (pôle n°42)

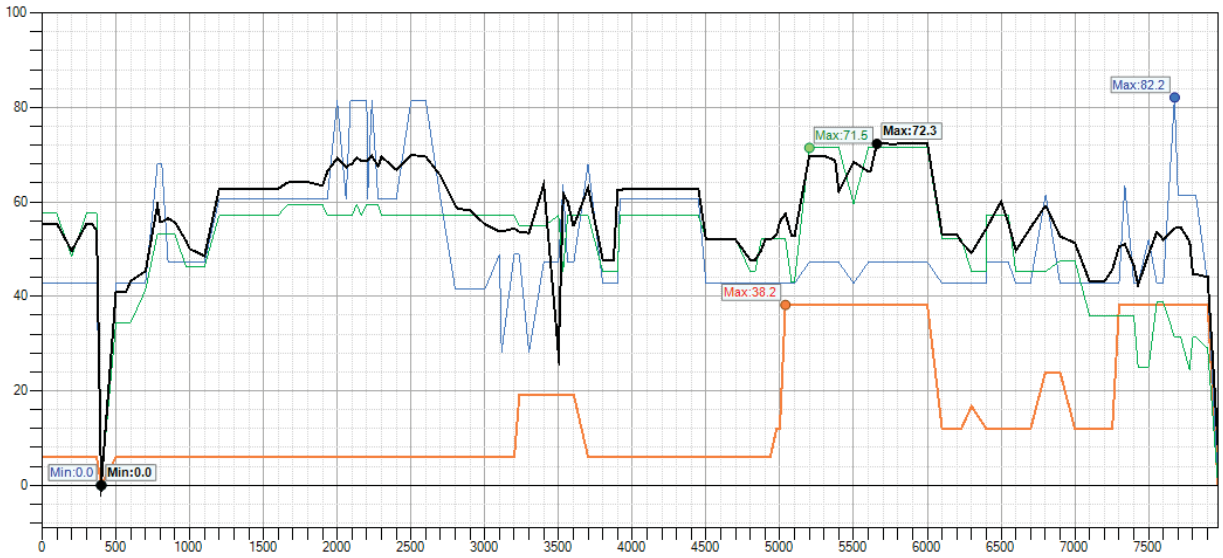


Figure 18 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor R (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 52,3
    - Qualité de l'eau : 51,3
    - Paysage et activités récréatives : 16,0
    - Somme pondérée des indices : 57,3
- Longueur : 8,0 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur les territoires des municipalités de L'Ange-Gardien et Boischatel, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré, et dans l'arrondissement de Beauport de la Ville de Québec. Le tracé part d'un secteur de milieux humides et boisés et s'étend vers l'ouest en passant par la tourbière boisée du Coteau de L'Ange-Gardien dans un secteur boisé et d'affectations agricole et récréative. Le tracé traverse ensuite la rivière Montmorency et poursuit sa course sur le territoire de la Ville de Québec en traversant un milieu d'affectations forestière et d'espace vert (Centre de plein air de Beauport). Le corridor s'étend dans les bassins versants des prises d'eau des rivières Ferré et Montmorency.

Corridor S

Départ : Baie de Beauport (pôle n°25)

Arrivée : Tourbière boisée du Coteau de L'Ange-Gardien (pôle n°42)

Pôle intermédiaire : Parc de la Chute-Montmorency (pôle n°21)

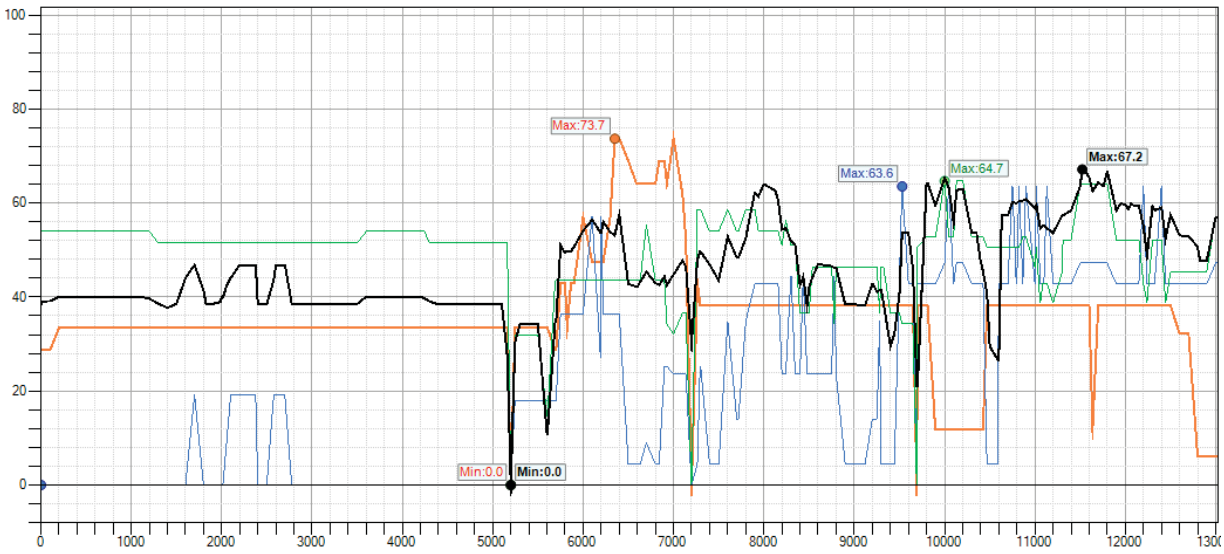


Figure 19 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor S (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 49,0
    - Qualité de l'eau : 23,4
    - Paysage et activités récréatives : 35,4
    - Somme pondérée des indices : 46,8
- Longueur : 13,0 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur les territoires de la Ville de Québec (Arrondissement de Beauport) et de la municipalité de Boischatel, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré. Le tracé part de la Baie de Beauport et suit le bord du fleuve Saint-Laurent dans un milieu affecté « grève 500 m » jusqu'au parc de la rivière Montmorency. Il remonte ensuite la rivière qui sépare les territoires de Québec et Boischatel dans un secteur d'affectation espace vert et récréation en traversant en partie le périmètre urbain de Boischatel. Le corridor termine sa course dans la tourbière boisée du Coteau de L'Ange-Gardien.

Corridor T

Départ : Milieux humides et boisés de Château-Richer et de L'Ange-Gardien (pôle n°40)

Arrivée : Parc du Mont Sainte-Anne (pôle n°2)

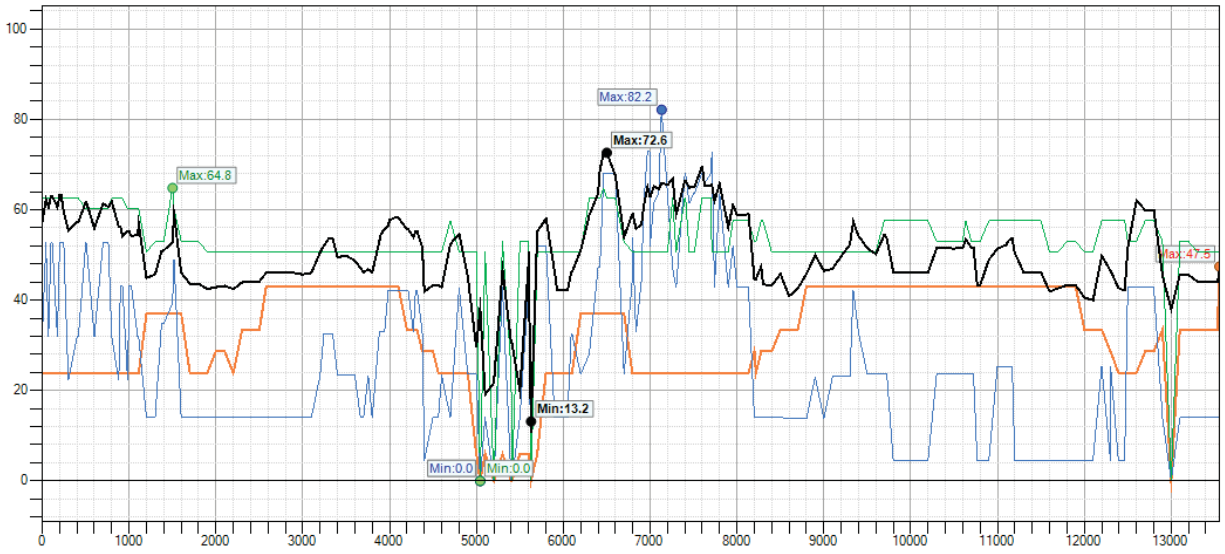


Figure 20 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor T (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 53,0
    - Qualité de l'eau : 28,8
    - Paysage et activités récréatives : 31,4
    - Somme pondérée des indices : 51,4
- Longueur : 13,6 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur les territoires des municipalités de Château-Richer et Sainte-Anne-de-Beaupré, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré. Le corridor s'étend de l'ouest, entre des milieux humides et boisés de Château-Richer vers l'est jusqu'au Parc du Mont Sainte-Anne, en traversant une zone affectée "récréo-forestière" sur le territoire de Château-Richer et "récréation" sur le territoire de Sainte-Anne-de-Beaupré. Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de Château-Richer.

Corridor U

Départ : Anse aux Canards - Îles d'Orléans (pôle n°13)

Arrivée : Parc de la Chute-Montmorency (pôle n°21)

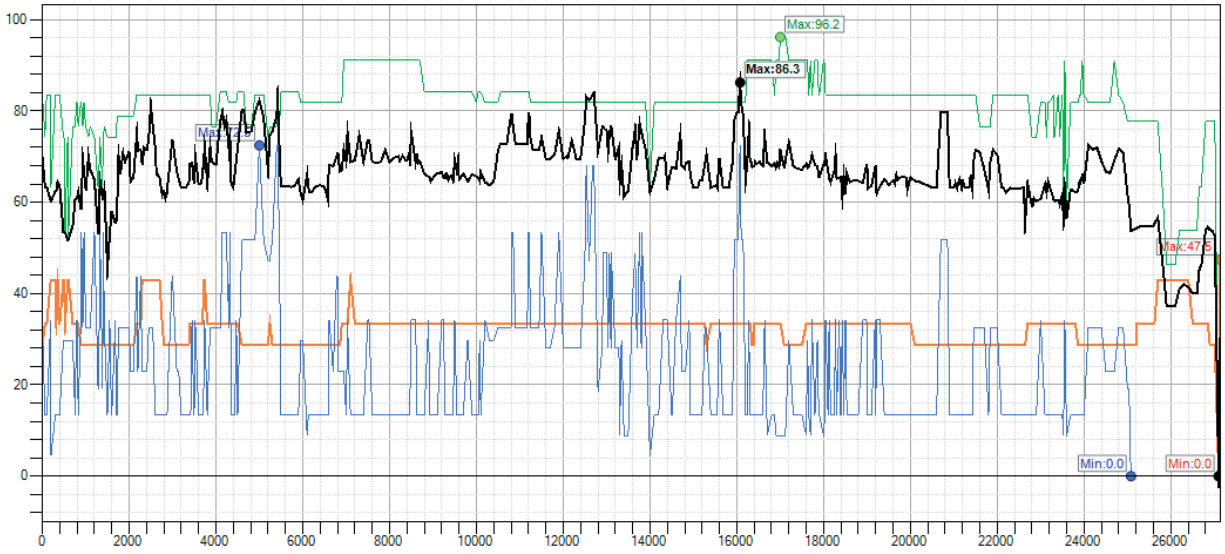


Figure 21 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor U (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 81,9
    - Qualité de l'eau : 22,8
    - Paysage et activités récréatives : 32,5
    - Somme pondérée des indices : 66,3
- Longueur : 27,1 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur les territoires des municipalités de Saint-François-de-l'Île-d'Orléans, Sainte-Famille et Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans, dans la MRC de L'Île-d'Orléans, jusqu'à Boischatel, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré. Le corridor longe la rive nord de l'île d'Orléans à partie de Saint-François jusqu'à Saint-Pierre en traversant un secteur affecté "conservation" et protégé à titre « d'aire de concentration d'oiseaux aquatiques ». La portion terrestre de ce segment fait partie de la zone agricole provinciale. Il traverse ensuite le fleuve pour rejoindre le Parc de la Chute-Montmorency.

Corridor V

Départ : Affectation conservation MRCIO (pôle n°14)

Arrivée : Milieux humides et boisés de Château-Richer et de L'Ange-Gardien (pôle n°40)

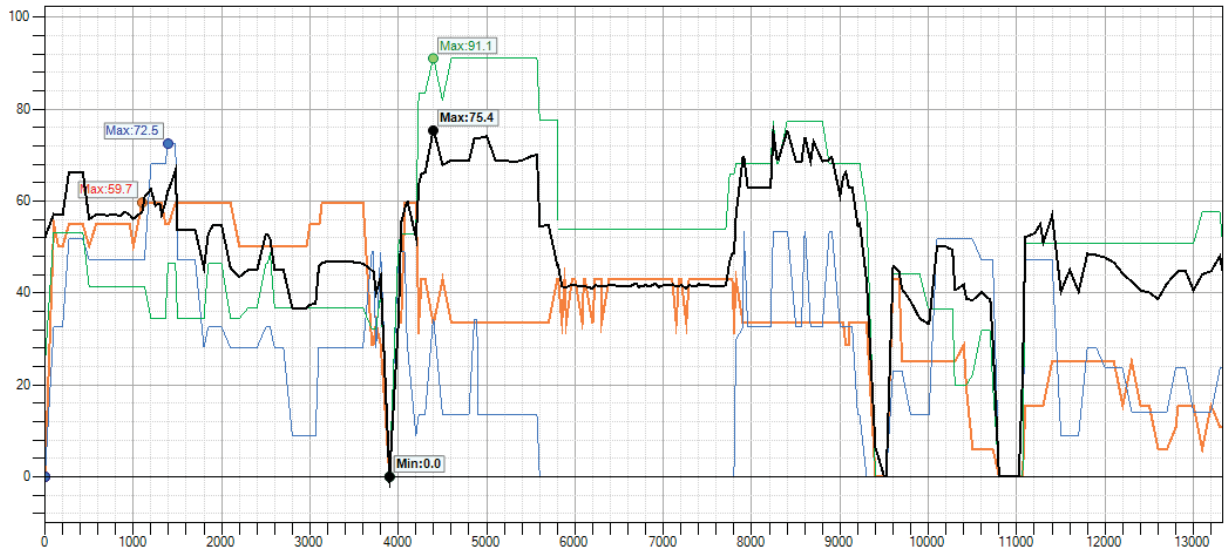


Figure 22 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor V (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 51,4
    - Qualité de l'eau : 24,5
    - Paysage et activités récréatives : 37,6
    - Somme pondérée des indices : 49,6
- Longueur : 13.3 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur les territoires des municipalités de Sainte-Famille, dans la MRC de L'Île-d'Orléans, et de Château-Richer, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré. Le corridor part d'un secteur boisé et d'affectation "conservation" au centre de l'île d'Orléans, à Sainte-Famille. Il rejoint le bord de l'île à travers des boisés agricoles et traverse le fleuve pour rejoindre la berge de Château-Richer, où il traverse le périmètre urbain et le boulevard Sainte-Anne sur une petite partie. Il termine sa course dans le pôle des milieux humides et boisés de Château-Richer en traversant la zone agricole provinciale, boisée en grande majorité.

Corridor W

Départ : Boisé de Sainte-Pétronille (pôle n°22)

Arrivée : Affectation conservation MRCIO (pôle n°14)

Pôle intermédiaire : Affectation conservation MRCIO (pôle n°15)

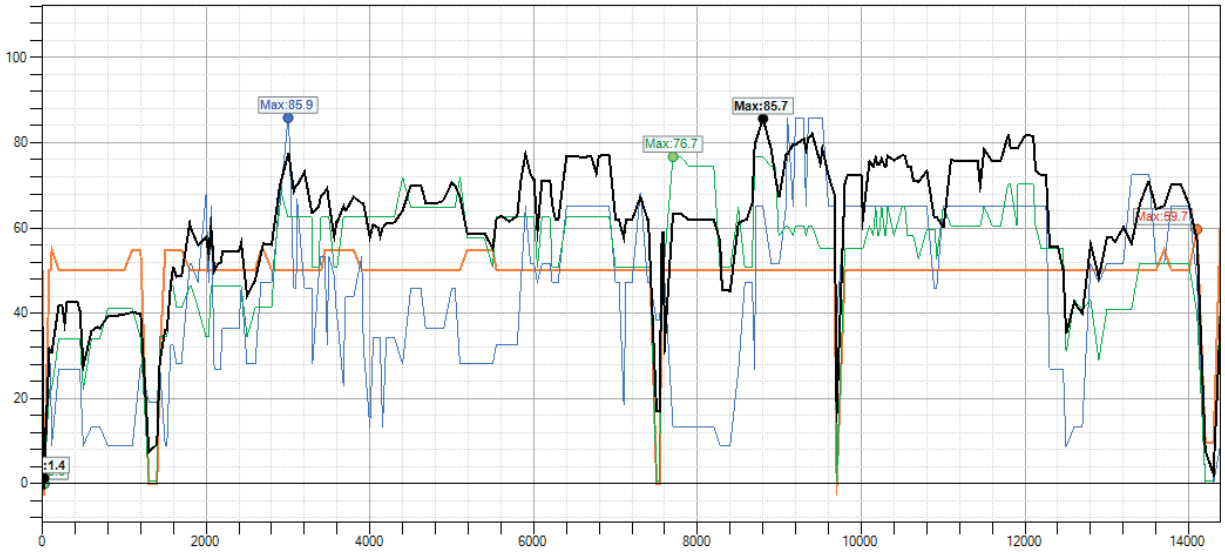


Figure 23 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor W (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 52,8
    - Qualité de l'eau : 46,3
    - Paysage et activités récréatives : 49,0
    - Somme pondérée des indices : 61,5
- Longueur : 14,4 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur les territoires des municipalités de Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans et de Sainte-Famille, dans la MRC de L'Île-d'Orléans. Le corridor s'amorce à l'extrémité est du Boisé de Sainte-Pétronille, à Saint-Pierre, et poursuit son chemin vers le nord-est dans les boisés zonés agricoles du centre de l'île d'Orléans. Son tracé se termine dans un boisé de Sainte-Famille.

Corridor X

Départ : Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente (pôle n°3)

Arrivée : Réserve de biodiversité projetée du Cap-Brûlé (pôle n°10)

Pôle intermédiaire : Corridor de la rivière Sainte-Anne (pôle n°11)

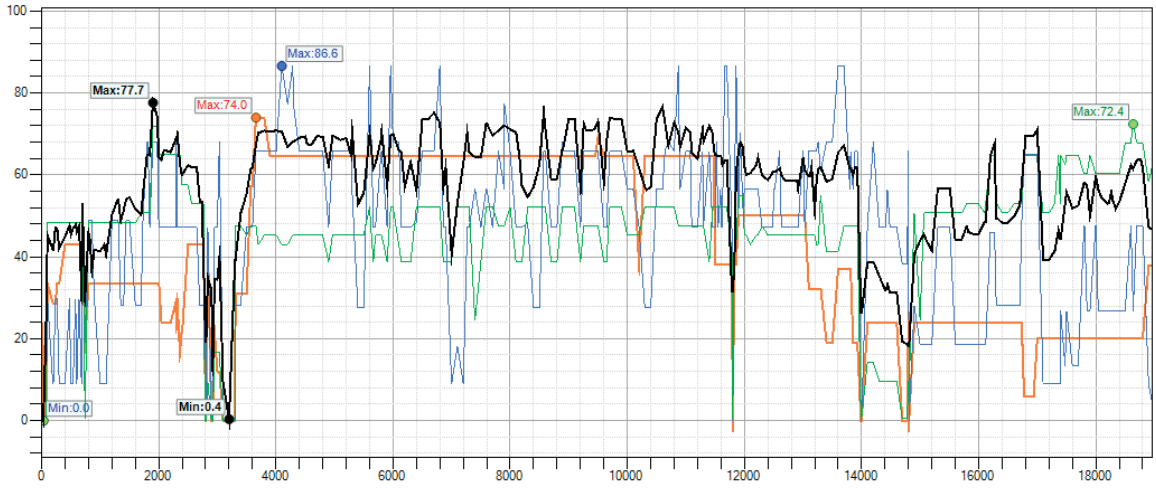


Figure 24 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor X (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 46,0
    - Qualité de l'eau : 45,5
    - Paysage et activités récréatives : 40,2
    - Somme pondérée des indices : 56,2
- Longueur : 19,0 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur les territoires des municipalités de Saint-Louis-de-Gonzague, Saint-Joachim, Saint-Tite-des-Caps et du TNO de Sault-au-Cochon, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré. Le corridor prend départ dans le secteur agricole de Saint-Louis-de-Gonzague. Il remonte ensuite le corridor de la rivière Sainte-Anne, d'affectation "conservation" sur le territoire de Saint-Joachim et d'affectation "récréation" à Saint-Tite-des-Caps. Il retraverse vers le sud un secteur agricole et forestier pour terminer sa course dans des secteurs affectés « récréation » et « conservation » dans le TNO de Sault-au-Cochon. Le corridor s'étend en partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Sainte-Anne.

Corridor Y

Départ : Complexe de milieux humides de Pointe-Saint-Gilles (pôle n°55)

Arrivée : Anse Ross (pôle n°38)

Pôle intermédiaire : Complexe de milieux humides – Buttes des terres rouges de St-Nicolas (pôle n°54)

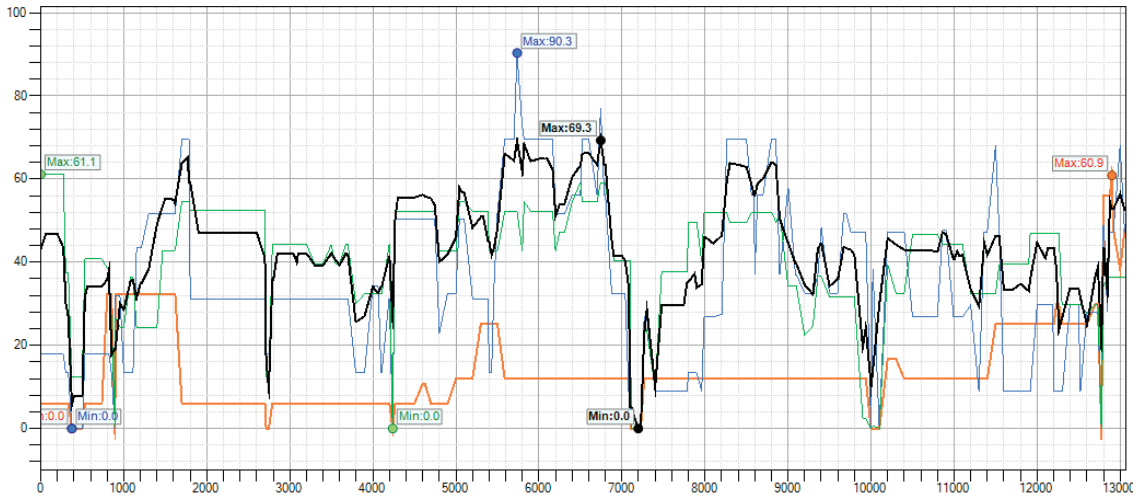


Figure 25 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor Y (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 40,4
    - Qualité de l'eau : 34,6
    - Paysage et activités récréatives : 14,1
    - Somme pondérée des indices : 42,2
- Longueur : 13,1 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans l'Arrondissement Les Chutes-de-la-Chaudière-Ouest. Ce corridor prend son départ au sud-ouest de la Ville de Lévis et s'étend majoritairement vers le nord à travers des complexes de milieux humides de la zone agricole: Pointe-Saint-Gilles, Buttes de la route des Caps et Buttes des terres rouges de Saint-Nicolas. Il traverse ensuite l'autoroute 20 et remonte à travers des boisés de la zone agricole pour rejoindre d'abord une zone péri-urbaine et ensuite une aire de consolidation urbaine avant d'aboutir au fleuve Saint-Laurent. Les grands complexes de milieux humides du début du parcours sont situés en grande partie dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.

Corridor Z

Départ : Complexe de milieux humides de Pointe-Saint-Gilles (pôle n°55)

Arrivée : Parc de la rivière Chaudière (pôle n°37)

Pôle intermédiaire :

- Complexe de milieux humides – Buttes de la route des Caps (pôle n°52)
- Complexe de milieux humides – Plaines de Saint-Rédempteur (pôle n°51)

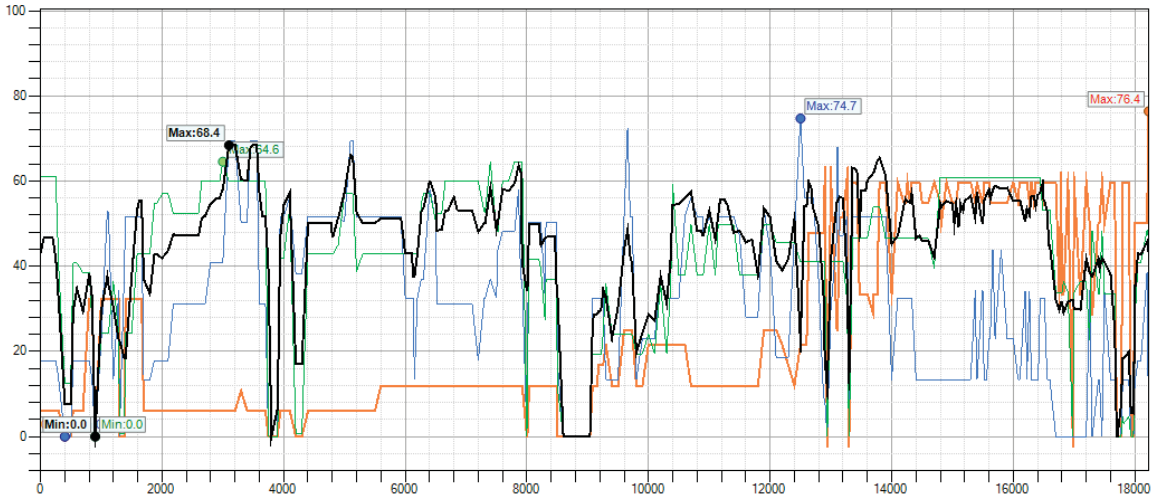


Figure 26 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor Z (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 42,7
    - Qualité de l'eau : 31,4
    - Paysage et activités récréatives : 25,8
    - Somme pondérée des indices : 44,6
- Longueur : 18,2 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans l'Arrondissement Les Chutes-de-la-Chaudière-Ouest. Ce corridor prend son départ du sud-ouest de la Ville de Lévis et s'étend vers le nord-est dans des complexes de milieux humides de la zone agricole: Pointe-Saint-Gilles, Buttes de la route des Caps, et Plaines de Saint-Rédempteur. Il traverse également des secteurs urbanisés dans les périmètres urbains des secteurs de Saint-Étienne et de Saint-Rédempteur. Après avoir traversé l'autoroute 20, il poursuit son chemin dans des boisés de la zone agricole pour rejoindre une aire de consolidation urbaine avant d'aboutir au fleuve Saint-Laurent et de suivre son cours vers l'est jusqu'au pont de Québec. Le début du corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.

Corridor AA

Départ : Tourbière Sainte-Hélène (pôle n°50)

Arrivée : Fleuve Saint-Laurent – Secteur Saint-Nicolas

Pôle intermédiaire : Parc de la rivière Chaudière (pôle n°37)

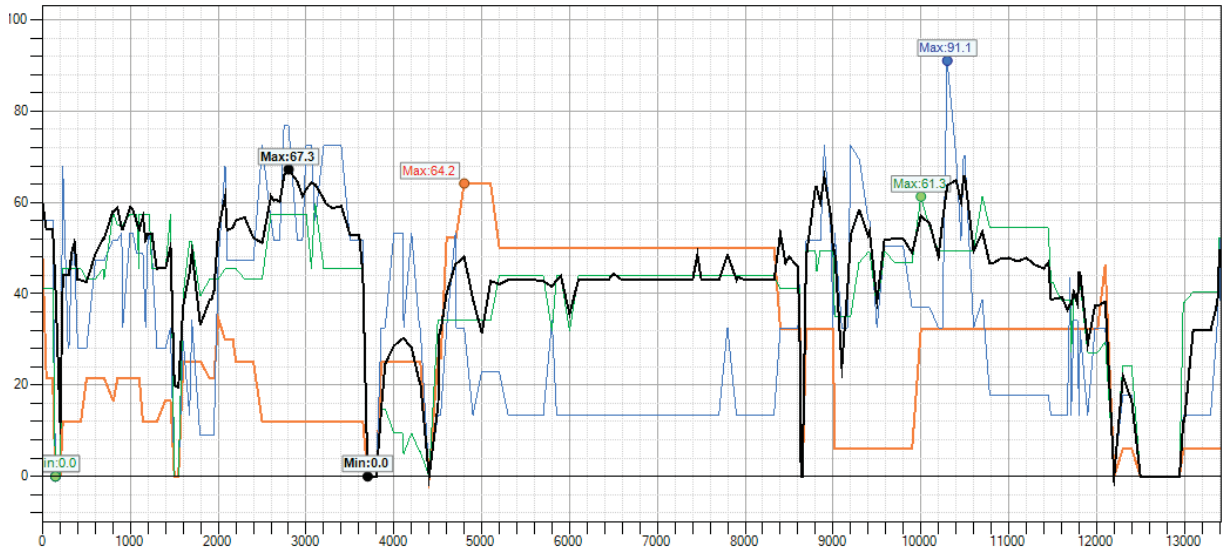


Figure 27 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AA (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 40,8
    - Qualité de l'eau : 32,2
    - Paysage et activités récréatives : 27,3
    - Somme pondérée des indices : 43,3
- Longueur : 13,4 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans les arrondissements des Chutes-de-la-Chaudière- Est et Chutes-de-la-Chaudière-Ouest. Le corridor s'amorce dans la tourbière Sainte-Hélène et traverse le périmètre urbain du secteur de Ste-Hélène-de-Breakeyville avant de rejoindre un secteur récréatif en bordure de la rivière Chaudière. Il emprunte ensuite une partie du parc de la rivière Chaudière avant de traverser un secteur urbanisé et l'autoroute 20. Il termine sa course en traversant successivement des secteurs de la zone agricole provinciale affectés "ressources" et "récréation" avant de s'achever dans une aire de consolidation urbaine du secteur de Saint-Nicolas. Le début du corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.

Corridor AB

Départ : Complexe de milieux humides – Plaines de Saint-Rédempteur (pôle n°51)

Arrivée : Tourbière de l'Embarras (pôle n°53)

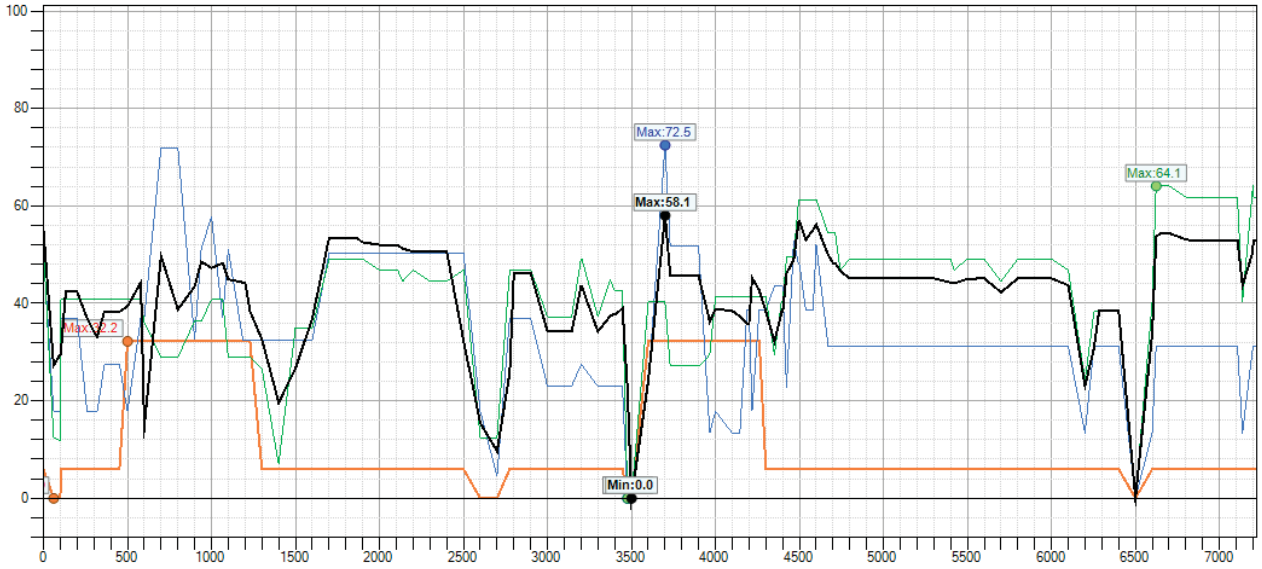


Figure 28 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AB (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 42,5;
    - Qualité de l'eau : 33,4;
    - Paysage et activités récréatives : 11,1;
    - Somme pondérée des indices : 42,1;
- Longueur : 7,2 km.

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans les arrondissements des Chutes-de-la-Chaudière- Est et Chutes-de-la-Chaudière-Ouest. Le corridor s'amorce dans la tourbière de l'Embarras et traverse la zone agricole jusqu'à une petite zone industrielle du secteur de Ste-Hélène-de-Breakeyville. Après avoir traversé la rivière Chaudière, il poursuit sa course dans la zone agricole et traverse l'autoroute 73 après un bref passage dans un secteur de récréation. Il termine son chemin en traversant un secteur agricole pour aboutir dans le complexe de milieux humides des Plaines de Saint-Rédempteur. Le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.

Corridor AC

Départ : Complexe de milieux humides de Pointe-Saint-Gilles (pôle n°55)

Arrivée : Tourbière de l'Embarras (pôle n°53)

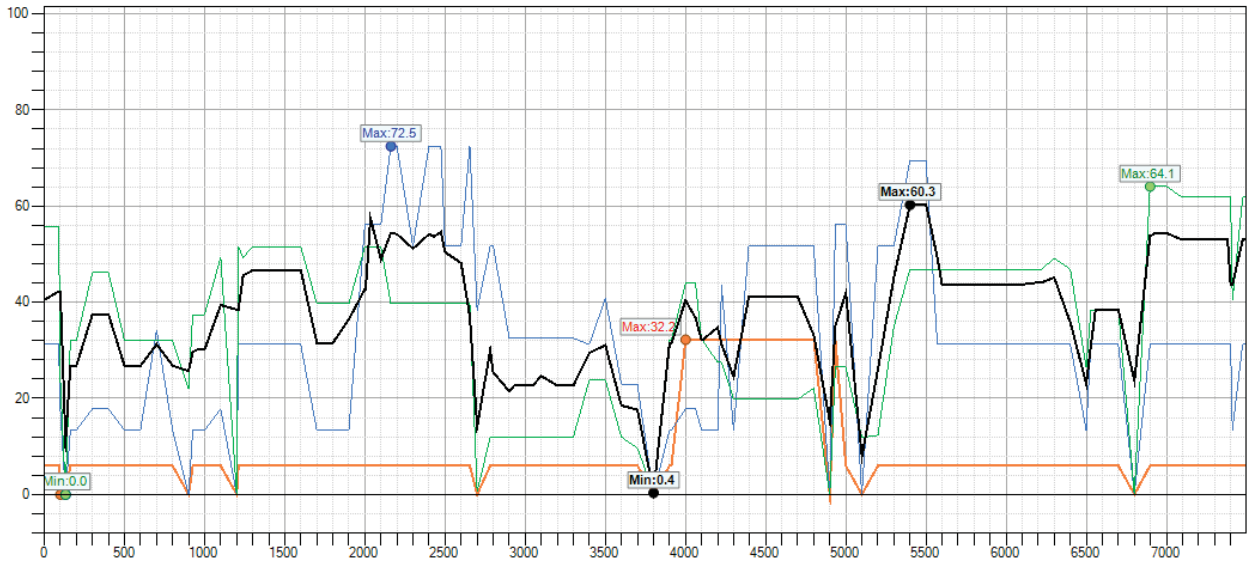


Figure 29 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AC (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 36,2
    - Qualité de l'eau : 32,6
    - Paysage et activités récréatives : 8,8
    - Somme pondérée des indices : 37,6
- Longueur : 7,5 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans les arrondissements des Chutes-de-la-Chaudière-Est et Chutes-de-la-Chaudière-Ouest. Le corridor s'amorce dans la tourbière de l'Embarras et traverse la zone agricole vers l'ouest jusqu'à une petite zone péri-urbaine du secteur de Sainte-Hélène-de-Breakeyville. Après avoir traversé l'autoroute 73 et la rivière Chaudière, il poursuit sa course vers l'ouest dans la zone agricole jusqu'au complexe de milieux humides de la Pointe-Saint-Gilles. Le corridor s'étend dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.

Corridor AD

Départ : Grande plée bleue (pôle n°53)

Arrivée : Tourbière de l'Embarras (pôle n°9)

Pôle intermédiaire : Tourbière Sainte-Hélène (pôle n°50)

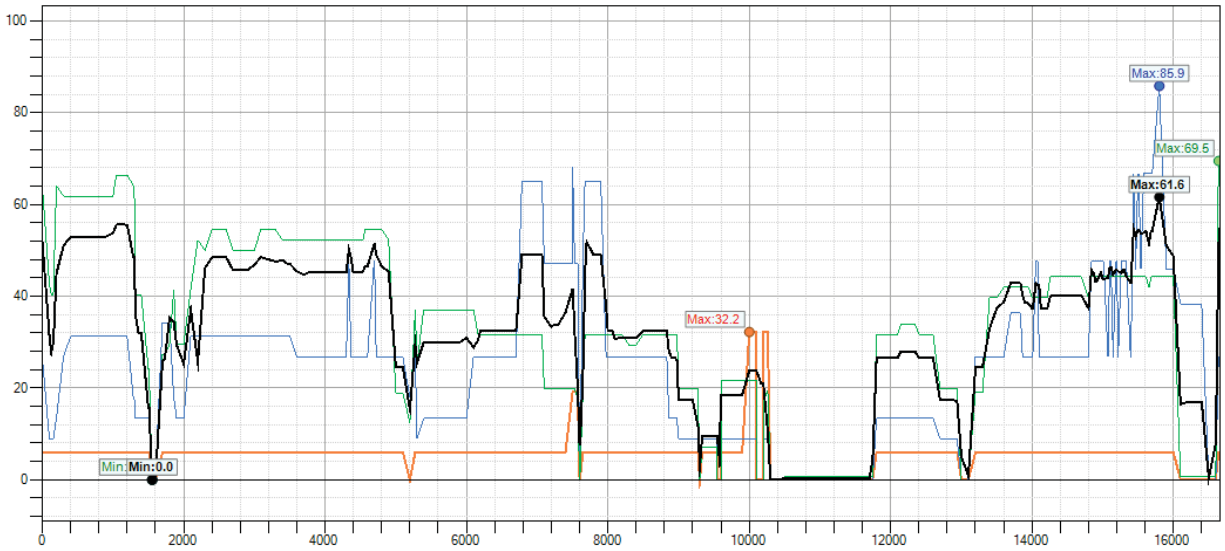


Figure 30 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AD (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 34,9
    - Qualité de l'eau : 26,8
    - Paysage et activités récréatives : 5,7
    - Somme pondérée des indices : 33,9
- Longueur : 16,7 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans les arrondissements des Chutes-de-la-Chaudière-Est et Desjardins. Au départ de la tourbière de l'Embarras, le corridor traverse la zone agricole vers l'est, le long de la frontière sud de la ville de Lévis, en traversant surtout des secteurs boisés. Il termine son chemin dans la tourbière de la Grande plée Bleue. Une petite partie à l'extrémité ouest du corridor se trouve dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.

Corridor AE

Départ : Tourbière Sainte-Hélène (pôle n°50)

Arrivée : Grande plée bleue (pôle n°9)

Pôles intermédiaires :

- Centre de ski de fond les Grandes-Prairies (pôle n°35)
- Parc de la rivière Etchemin (pôle n°34)

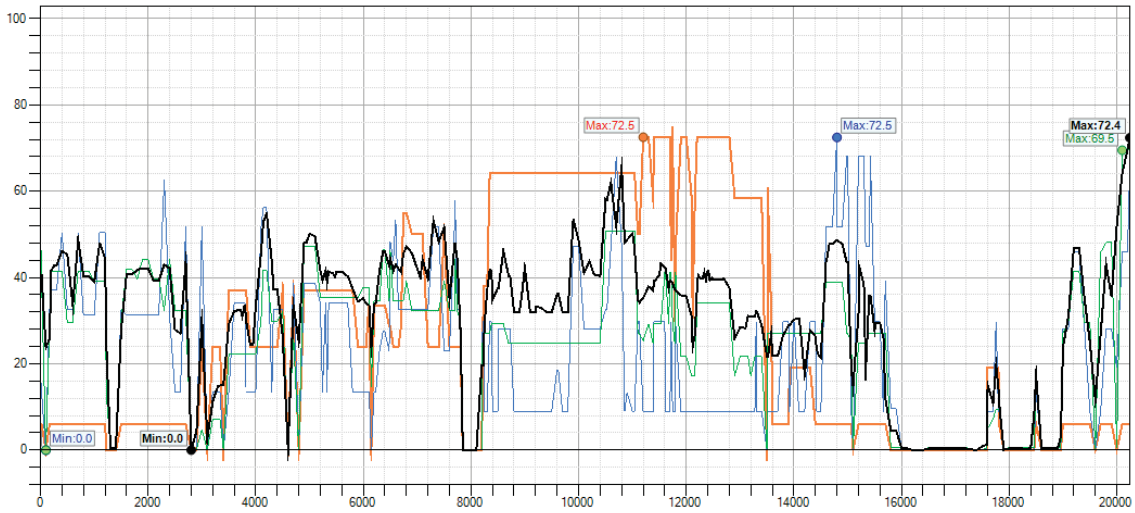


Figure 31 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AE (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 26,1
    - Qualité de l'eau : 22,4
    - Paysage et activités récréatives : 28,8
    - Somme pondérée des indices : 31,3
- Longueur : 20,2 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans les arrondissements des Chutes-de-la-Chaudière-Est et Desjardins. À partir de la tourbière de l'Embarras, le corridor traverse la zone agricole vers le nord, avant d'entrer dans le milieu urbain et à l'intérieur du périmètre urbain. Il traverse ensuite une aire de consolidation urbaine avant de bifurquer vers l'est et traverser successivement le secteur du Centre de ski de fond les Grandes-Prairies et le parc de la rivière Etchemin. Il poursuit sa route vers l'est en traversant la zone agricole de l'arrondissement Desjardins, où il traverse succinctement le périmètre urbain du secteur de Pintendre. Il termine sa course dans la tourbière de la Grande plée Bleue. Une petite partie à l'extrémité sud-ouest du corridor se trouve dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Chaudière.

Corridor AF

Départ : Parc de la rivière Etchemin (pôle n°34)

Arrivée : Tourbière Sainte-Hélène (pôle n°50)

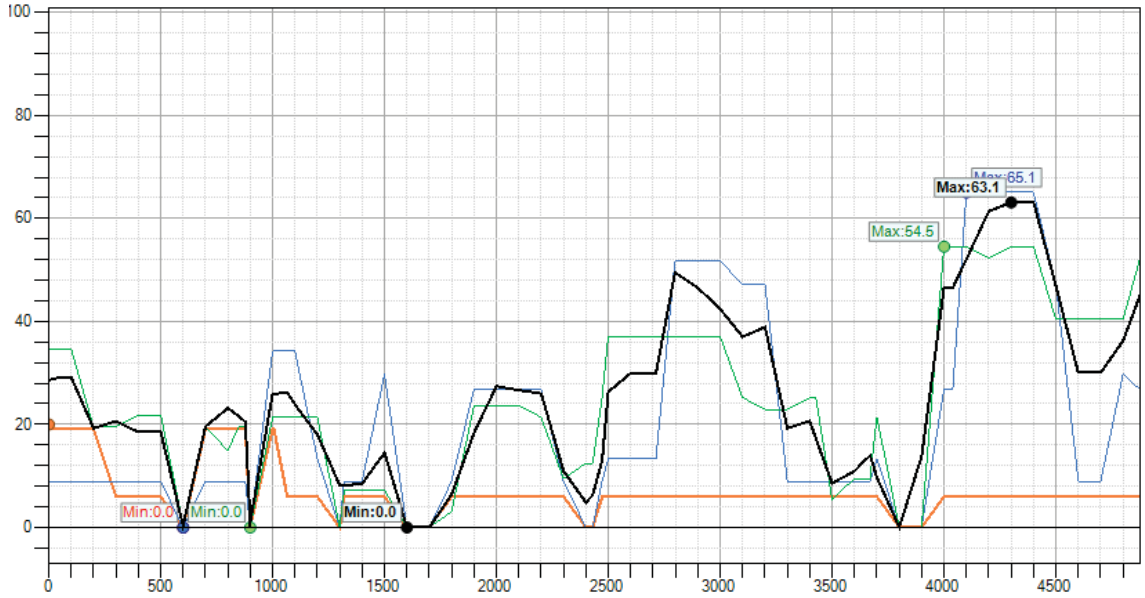


Figure 32 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AF (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 24,8
    - Qualité de l'eau : 20,9
    - Paysage et activités récréatives : 6,9
    - Somme pondérée des indices : 25,5
- Longueur : 4,9 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans l'Arrondissement des Chutes-de-la-Chaudière-Est. Ce court corridor joint la tourbière Sainte-Hélène au parc de la rivière Etchemin. Mis à part un petit secteur inclus dans le périmètre urbain à l'extrémité sud du secteur de Saint-Jean-Chrysostome (traverse de l'Avenue Taniata), le tracé s'étend en zone agricole provinciale

Corridor AG

Départ : Parc de la rivière Chaudière (pôle n°37)

Arrivée : Aire de repos pour les oiseaux migrateurs - Anse de Bellechasse (pôle n°16)

Pôle intermédiaire :

- Parc de la rivière Etchemin (pôle n°34)
- Ferme Chapais (pôle n°31)
- Parc régional de la Pointe-De la Martinière (pôle n°28)
- Refuge d'oiseaux migrateurs de Saint-Vallier (pôle n°18)

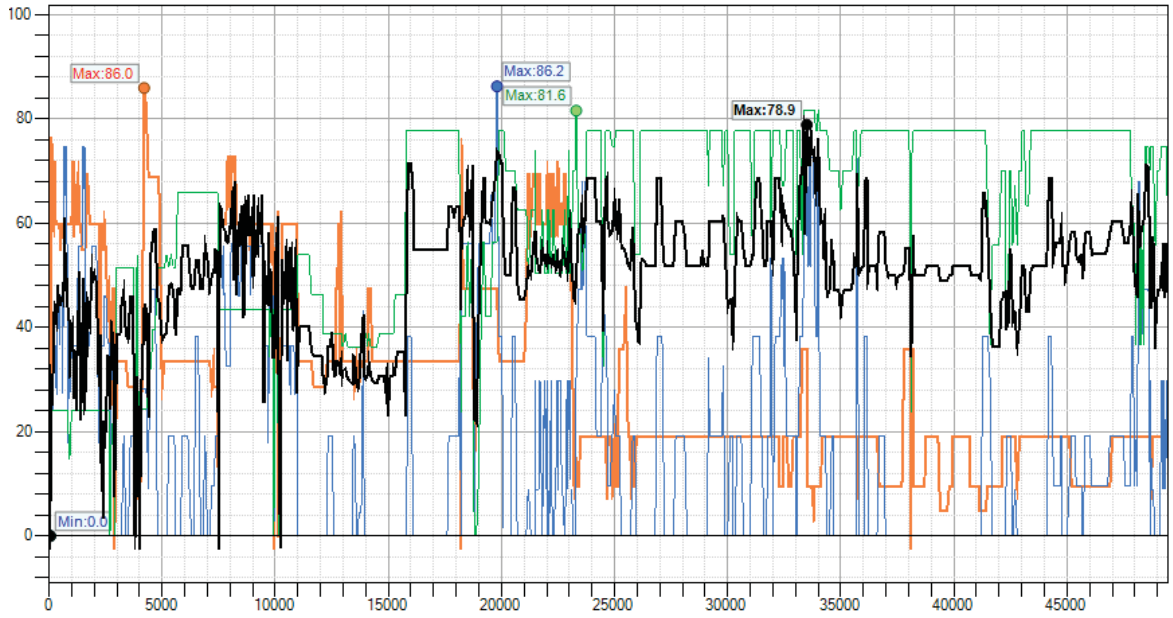


Figure 33 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AG (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 60,0
    - Qualité de l'eau : 18,9
    - Paysage et activités récréatives : 31,2
    - Somme pondérée des indices : 50,1
- Longueur : 49,5 km

Milieu humain :

Le corridor s’étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans l’Arrondissement des Chutes-de-la-Chaudière-Est et Desjardins, et des municipalités de Beaumont, Saint-Michel-de-Bellechasse et Saint-Vallier, dans la MRC de Bellechasse. Ce long corridor s'étend le long du fleuve à partir de l'embouchure de la rivière Chaudière jusqu'à l'extrémité est de la municipalité de Saint-Vallier. À Lévis, son parcours s'étend en milieu urbain (aire de consolidation urbaine) en alternant son passage sur les coteaux et les berges du Saint-Laurent et en passant par le parc de la rivière Etchemin, la ferme Chapais et le parc régional de la Pointe-De la Martinière. Il poursuit son chemin dans la MRC de Bellechasse, où il traverse successivement les municipalités de Beaumont, Saint-Michel-de-Bellechasse et Saint-Vallier. Entre les périmètres urbains de ces trois municipalités, le tracé s'étend surtout sur la berge où il traverse divers milieux humides, boisés et terres agricoles.

Corridor AH

Départ : Parc de la rivière Etchemin (pôle n°34)

Arrivée : Grande plée bleue (pôle n°9)

Pôle intermédiaire : Parc les Écarts (pôle n°30)

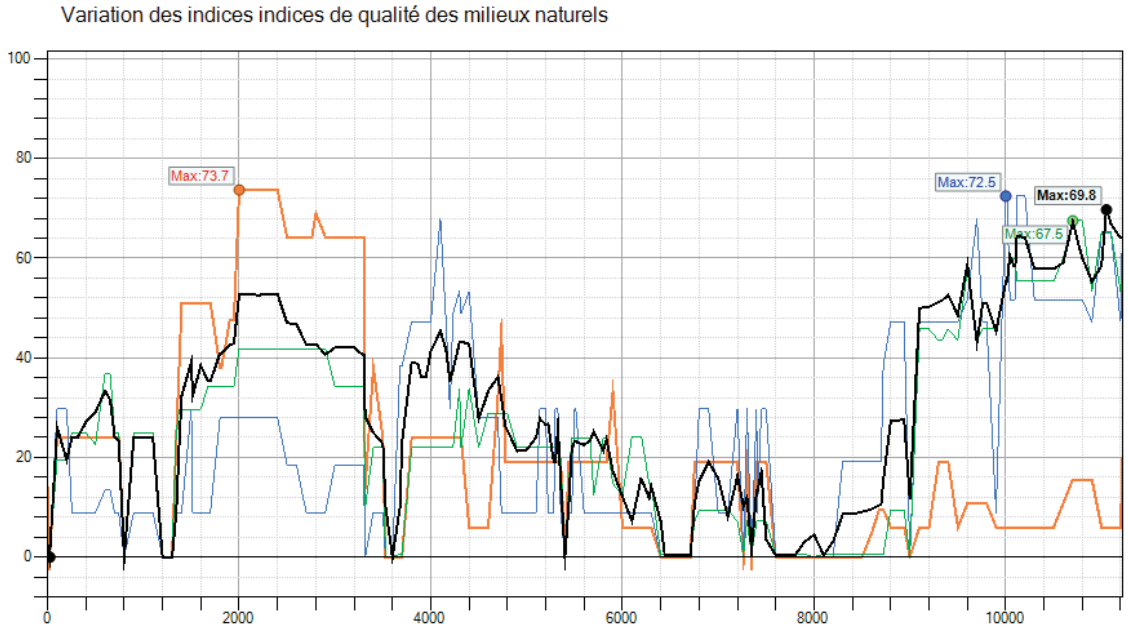


Figure 34 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AH (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 25,8
    - Qualité de l'eau : 24,7
    - Paysage et activités récréatives : 21,4
    - Somme pondérée des indices : 30,0
- Longueur : 11,2 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans les arrondissements Desjardins et des Chutes-de-la-Chaudière-Est. Le corridor s'amorce au parc de la rivière Etchemin, traverse successivement des secteurs affectés "axe commercial" et "industriel", "récréo-écologique" et "parc technologique". Il se dirige vers l'est et traverse le périmètre urbain de Pintendre puis la zone agricole avant de rejoindre la tourbière de la Grande plée Bleue.

Corridor AI

Départ : Parc régional de la Pointe-De la Martinière (pôle n°28)

Arrivée : Parc les Écarts (pôle n°30)

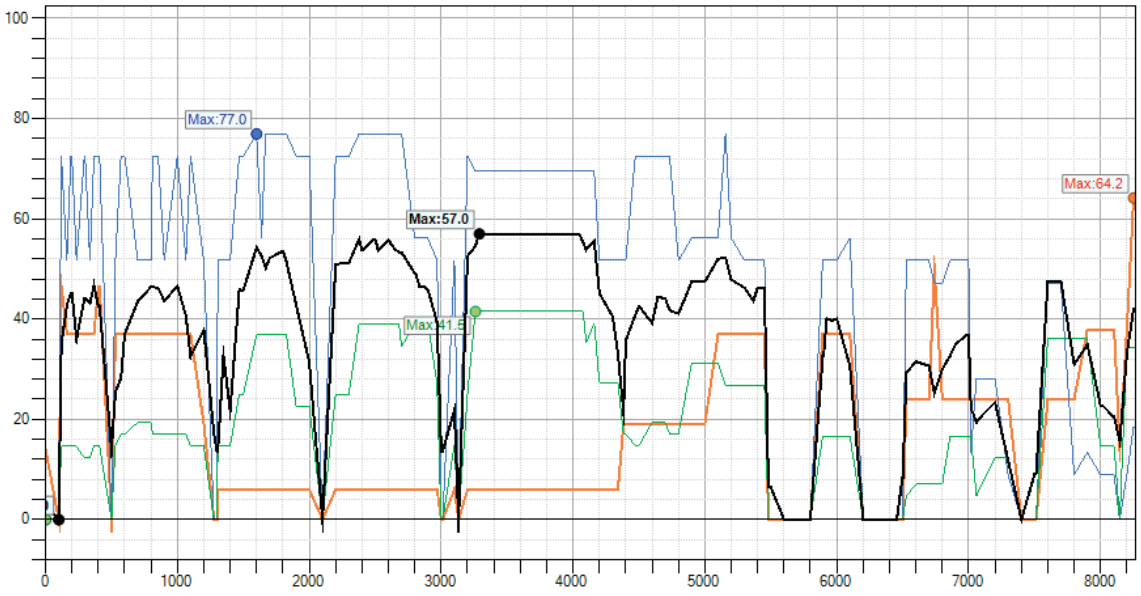


Figure 35 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AI (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 21,1
    - Qualité de l'eau : 47,9
    - Paysage et activités récréatives : 17,3
    - Somme pondérée des indices : 36,3
- Longueur : 8,3 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans l'Arrondissement Desjardins. Le corridor prend départ au parc régional de la Pointe-De la Martinière. Il s'étend en direction sud-ouest en traversant le milieu urbain d'affectation "aire de consolidation urbaine", "axe commercial" et "industrielle". Il continue ensuite en zone agricole et périurbaine, avant de retourner en zone urbaine dans le pôle Desjardins. Il se termine dans le parc des Écarts après un bref trajet dans une zone d'affectation "parc technologique".

Corridor AJ

Départ : Parc régional de la Pointe-De la Martinière (pôle n°28)

Arrivée : Grande plée bleue (pôle n°9)

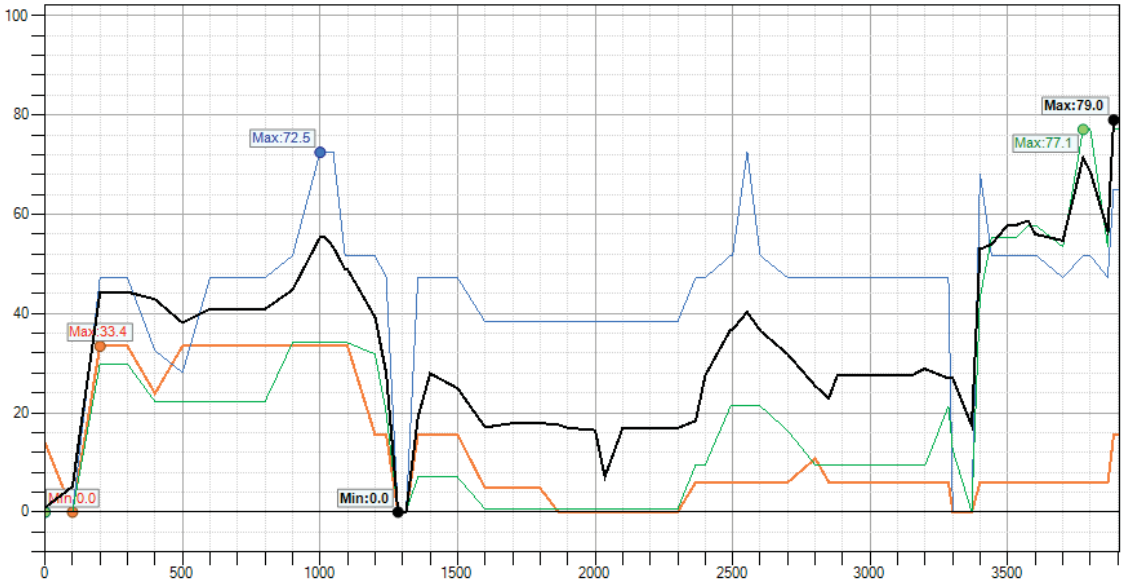


Figure 36 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AJ (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 23,6
    - Qualité de l'eau : 44,4
    - Paysage et activités récréatives : 11,2
    - Somme pondérée des indices : 35,4
- Longueur : 3,9 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire de la Ville de Lévis, dans l'Arrondissement Desjardins. Le corridor amorce sa course à l'extrémité nord de la tourbière de la Grande plée Bleue. Il s'étend vers le nord en zone agricole provinciale, et rejoint le Parc régional de la Pointe-De la Martinière, en bordure du fleuve Saint-Laurent.

Corridor AK

Départ : Tourbière de l'Embarras (pôle n°9)

Arrivée : Fleuve Saint-Laurent et intersection avec le corridor AG

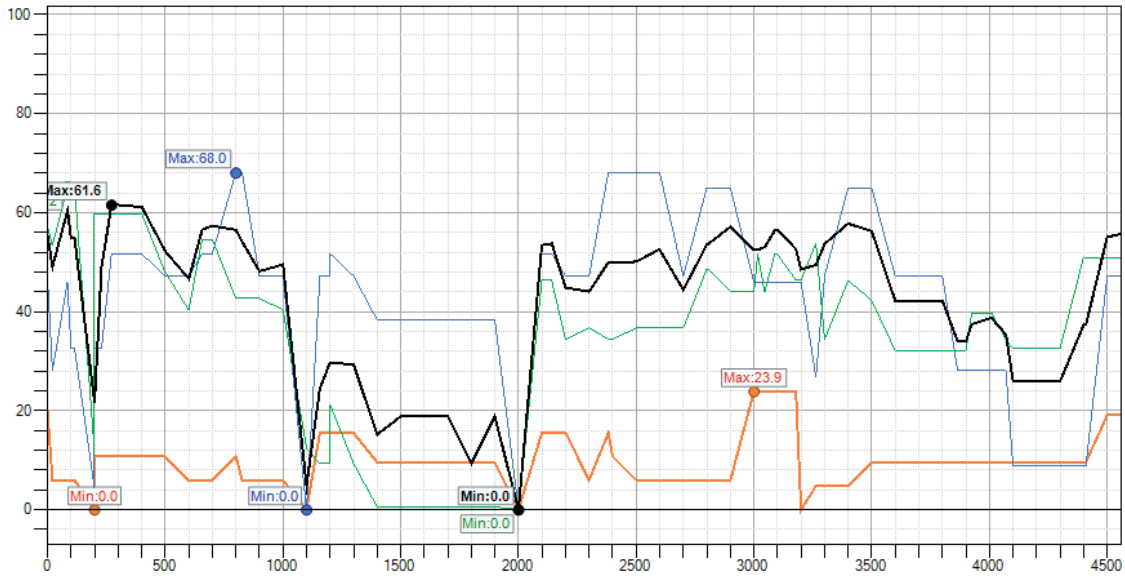


Figure 37 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AK (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 39,1
    - Qualité de l'eau : 43,5
    - Paysage et activités récréatives : 10,5
    - Somme pondérée des indices : 43,6
- Longueur : 4,6 km

Milieu humain :

Le corridor amorce sa course à l'extrémité nord de la tourbière de la Grande plée Bleue. Il s'étend vers le nord-est en zone agricole provinciale jusqu'à l'autoroute 20. Il traverse ensuite un secteur boisé d'affectation "industrielle" avant de poursuivre son chemin dans la zone agricole de la municipalité de Beaumont. Il emprunte momentanément le chemin de la ligne de transport électrique (735kV) et termine sa course dans un boisé riverain au fleuve Saint-Laurent.

Corridor AL

Départ : Refuge d'oiseaux migrateurs de Saint-Vallier (pôle n°18)

Arrivée : Aire de repos pour les oiseaux migrateurs - Anse de Bellechasse (pôle n°16)

Pôle intermédiaire : Lac aux Canards (pôle n°24)

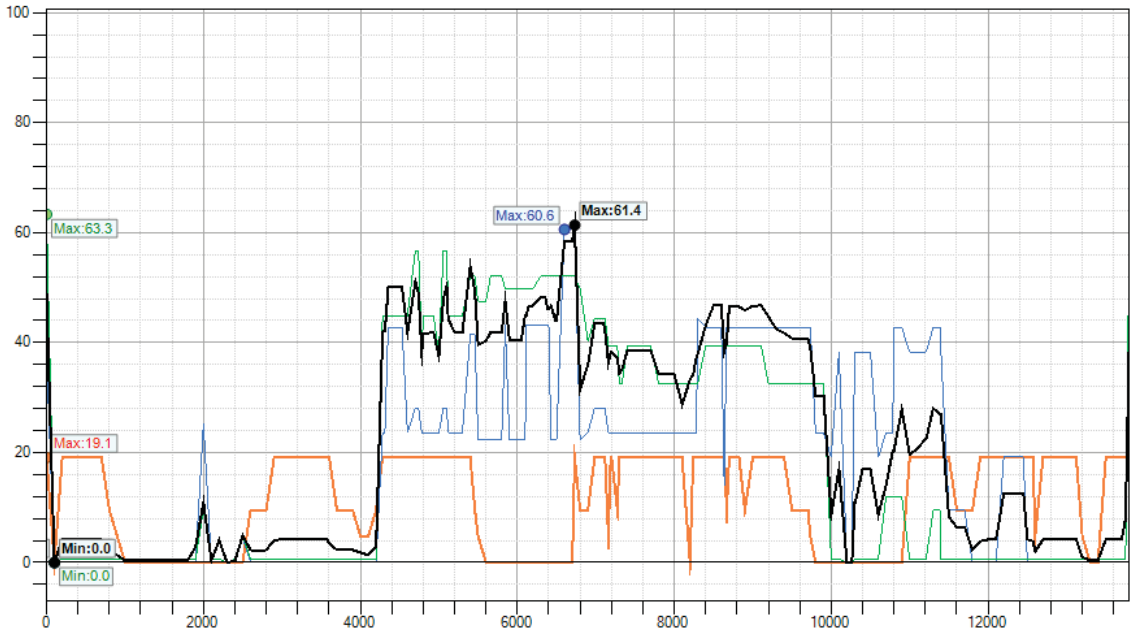


Figure 38 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AL (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 23,8
    - Qualité de l'eau : 21,4
    - Paysage et activités récréatives : 11,9
    - Somme pondérée des indices : 26,1
- Longueur : 13,8 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend dans la municipalité de Saint-Vallier, dans la MRC de Bellechasse. Il commence sa course à l'aire de repos pour les oiseaux migrateurs de l'Anse de Bellechasse. Il se dirige vers le sud en traversant la zone agricole provinciale et l'autoroute 20, et bifurque vers l'ouest dans un secteur boisé du sud de la municipalité. Il revient ensuite vers le nord et retraverse la zone agricole provinciale et l'autoroute 20 pour terminer sa course dans le refuge d'oiseaux migrateurs de Saint-Vallier.

Corridor AM

Départ : Mont Wright (pôle n°4)

Arrivée : Milieux humides et boisés de Château-Richer et de L'Ange-Gardien (pôle n°40)

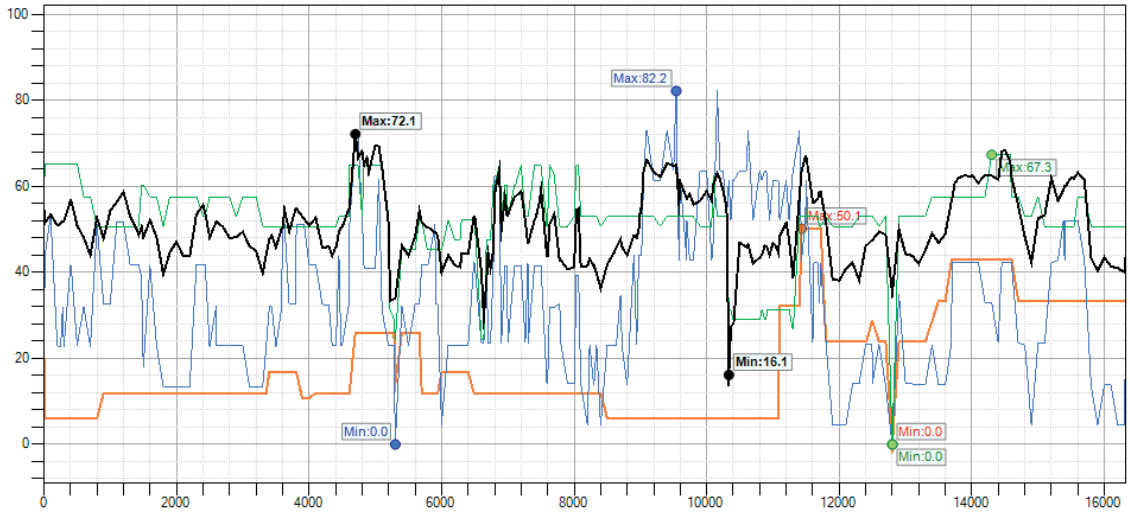


Figure 39 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AM (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 51,8
    - Qualité de l'eau : 36,3
    - Paysage et activités récréatives : 18,0
    - Somme pondérée des indices : 50,9
- Longueur : 16,3 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend sur le territoire des municipalités de Lac-Beauport et Sainte-Brigitte-de-Laval, dans la MRC de La Jacques-Cartier, et de L'Ange-Gardien, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré. Le corridor débute au mont Wright et s'étend vers le sud-est en traversant un secteur boisé affecté "récréo-forestier" jusqu'aux limites de la MRC de La Jacques-Cartier, après avoir traversé le milieu urbain de Sainte-Brigitte-de-Laval. Il traverse ensuite un boisé de la zone agricole provinciale et rejoint le secteur des milieux humides de L'Ange-Gardien.

Corridor AN

Départ : Intersection avec le corridor P, près du parc des saules (pôle n°29)

Arrivée : Sentiers de la rivière du Cap Rouge, secteur du Vieux-Cap-Rouge (pôle n°32)

Pôle intermédiaire : Base de plein air Sainte-Foy (pôle n°8)

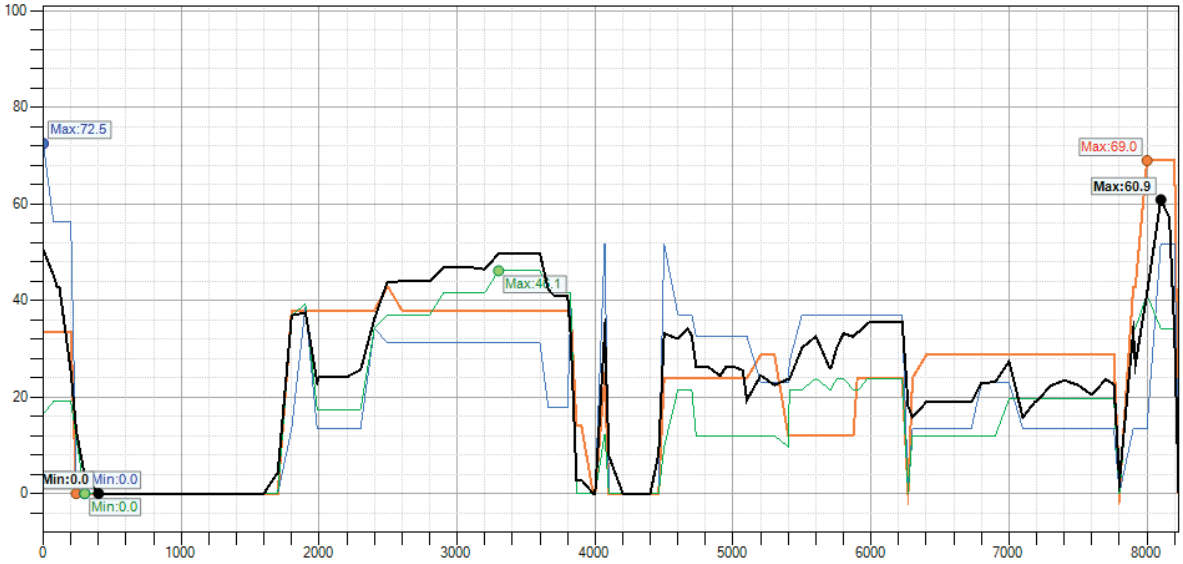


Figure 40 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AN (distance en mètres)

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 18,9
    - Qualité de l'eau : 22,3
    - Paysage et activités récréatives : 23,8
    - Somme pondérée des indices : 25,2
- Longueur : 8,2 km

Milieu humain :

Le corridor s'étend dans l'arrondissement Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge de la Ville de Québec. Il commence son parcours à la Base de plein air de Sainte-Foy et s'étend vers le sud en traversant l'autoroute 40 ainsi que des secteurs industriels et urbains, en empruntant surtout les boisés du coteau longeant le boulevard du Versant-Nord. Il termine sa course au fleuve Saint-Laurent, près de l'embouchure de la rivière Cap-Rouge.

Corridor AO

Départ : Baie de Beauport (pôle n°25)

Arrivée : Secteur nord-est de l'Arrondissement Beauport (vulnérabilité des aquifères) (pôle n° 43)

Branche supplémentaire : Vers le nord, (pôle n° 44)

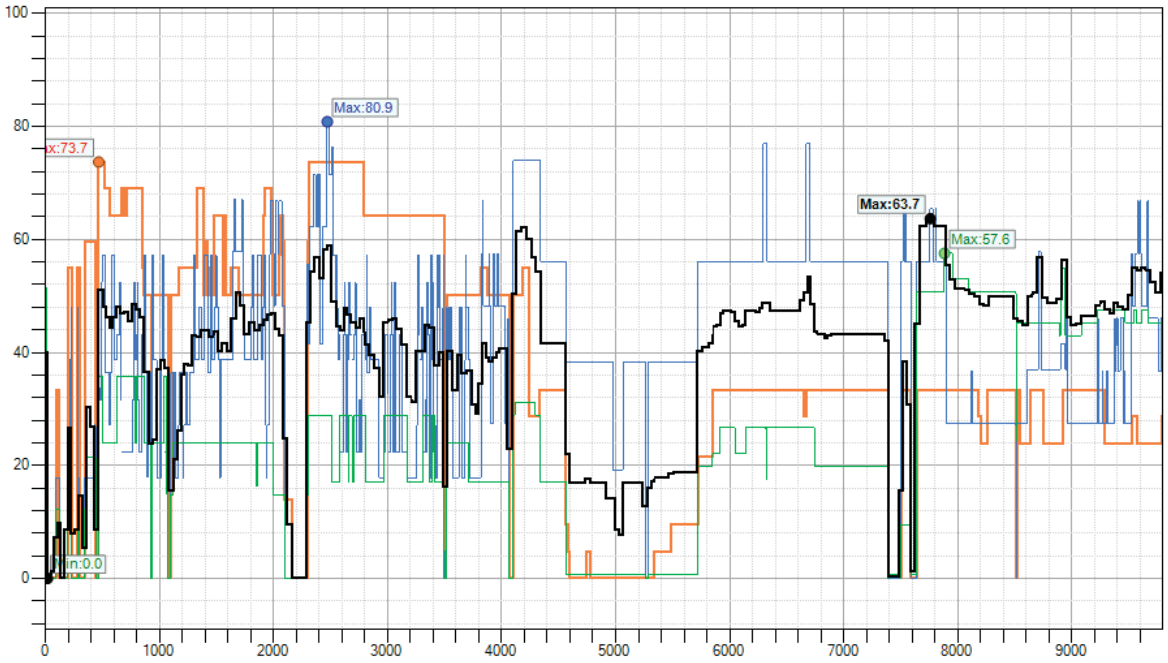


Figure 41 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AO (distance en mètres) entre le pôle 25 et 43

Corridor AO (suite)

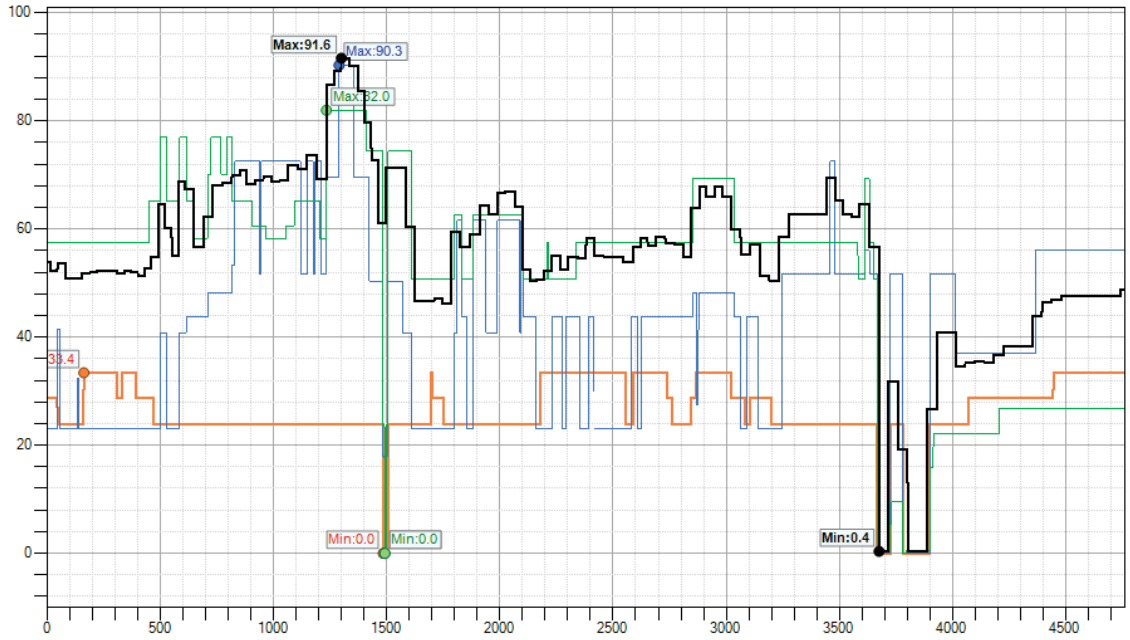


Figure 42 : Variation des IQMN normalisés (maximum de 100) le long du chemin de moindre coût pour le corridor AO, portion nord du tracé (distance en mètres) entre l'intersection du corridor et le pôle 44

- Valeurs moyennes d'IQMN le long du chemin de moindre coût :
    - Biodiversité : 24,3
    - Qualité de l'eau : 39,5
    - Paysage et activités récréatives : 36,3
    - Somme pondérée des indices : 38,9
- Longueur : 9,8 km

Milieu humain :

Le corridor traverse la partie nord-ouest de la ville de Québec, à partir de la baie de Beauport vers le nord, où il se divise pour rejoindre deux Pôles de connectivités distincts. La partie sud du tracé s'étend le long du parc linéaire de la rivière Beauport, en milieu urbain ainsi qu'à l'intérieur du périmètre urbain jusqu'au boulevard Louis-XIV. Le tracé se poursuit vers l'est, pour rejoindre le secteur nord-est de l'Arrondissement Beauport. Alors qu'une autre portion du corridor continue vers le nord, jusqu'au secteur de la rivière des Sept Ponts. Ces deux segments s'étendent dans un grand secteur d'affectation « forêt » ainsi qu'en milieu périurbain. Bien qu'il ne le traverse pas, le tracé nord du corridor aboutit dans le bassin versant de la prise d'eau du lac Bégon.