

Juin 2025



ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE DE
PRIORISATION DU REBOISEMENT DES
RUES DE LA VILLE DE SAINT-FÉLICIEN ET
ESTIMATION DE LA VALEUR MONÉTAIRE
DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES
RENDUS À LA POPULATION



Cégep de St-Félicien

En partenariat avec la

Ville de Saint-Félicien

ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE DE PRIORISATION DU REBOISEMENT DES RUES DE LA VILLE DE SAINT- FÉLICIEN ET ESTIMATION DE LA VALEUR MONÉTAIRE DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES RENDUS À LA POPULATION

Bilan de recherche

Présentée à la

Direction générale du Cégep de St-Félicien

Juin 2025

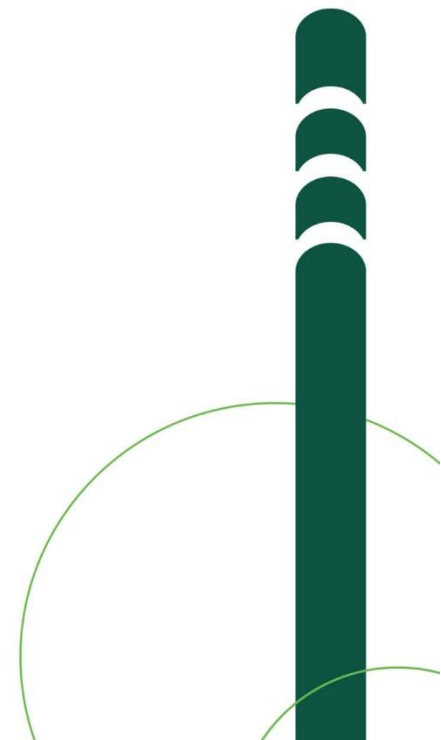




Photo de couverture : Sylvain Larouche

Référence à citer : Larouche, S. (2025). *Élaboration d'une stratégie de priorisation du reboisement des rues de la Ville de Saint-Félicien et estimation de la valeur monétaire des services écosystémiques rendus à la population*. Cégep de St-Félicien. 39 pages.

Cégep de St-Félicien

1105, boulevard Hamel, Saint-Félicien (Québec) CANADA, G8K 2R8 Tél. : 418 679-5412 ~ info@cegepstfe.ca

ÉQUIPE DE RÉALISATION

CÉGEP DE ST-FÉLICIEN

- **Sylvain Larouche:** responsable du projet et rédacteur, M. Sc. (biologiste)
- **Julie Gagnon:** mise en forme du document

PARTENAIRES



REMERCIEMENTS

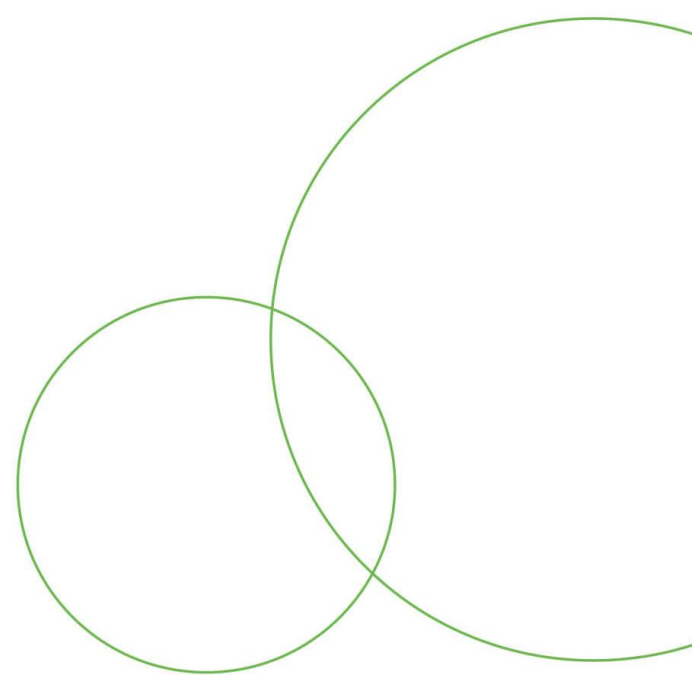
Je tiens à remercier Annie Ménard, Michelle St-Gelais et Guillaume Maziade qui ont cru en mon projet alors qu'il n'était encore qu'une idée et qui m'ont accompagné avec confiance et générosité jusqu'à cette publication. Je remercie également mes stagiaires, Catherine Robitaille, Antoine Jacques, Marc-Olivier Nollet et Tommy Laliberté, dont l'enthousiasme et le professionnalisme ont rendu possible la réalisation de l'inventaire des arbres urbains félicinois. Un grand merci à la Ville de Saint-Félicien, et tout particulièrement à Dany Coudé, sans qui ce projet n'aurait aucune raison d'être. Enfin, je remercie Alain Paquette pour sa grande disponibilité et, surtout, pour m'avoir transmis sa passion contagieuse pour l'écologie urbaine.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
Menaces à la forêt urbaine félicinoise	1
Valeur économique des arbres	1
État actuel de forêt urbaine félicinoise	2
Approche préconisée dans ce bilan de recherche	2
Rôle des municipalités dans la transition.....	3
MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	4
Délimitation et description du territoire à l'étude.....	4
Choix des indicateurs	4
Analyse et interprétation des indicateurs.....	5
Couvert de végétation.....	7
Densité des arbres	7
Diversité fonctionnelle des arbres	7
Taille et âge des arbres	8
Indice de canopée nourricière	8
Température de surface.....	8
Défavorisation sociale et matérielle	9
Type d'utilisation du territoire	10
Potentiel pour le transport actif.....	10
Pondération des indicateurs	11
Valeur des services écosystémiques	11
RÉSULTATS.....	13
Présentation des indicateurs non pondérés	13
Pondération des indicateurs	14
Stratégie de reboisement.....	14
Valeur des services écosystémiques de la forêt urbaine félicinoise	15
DISCUSSION	17
Synthèse des résultats et convergences spatiales	17
Retombées pour la planification municipale	19
Limites de l'étude.....	19
Perspectives et pistes d'action.....	19
CONCLUSION	20
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	21

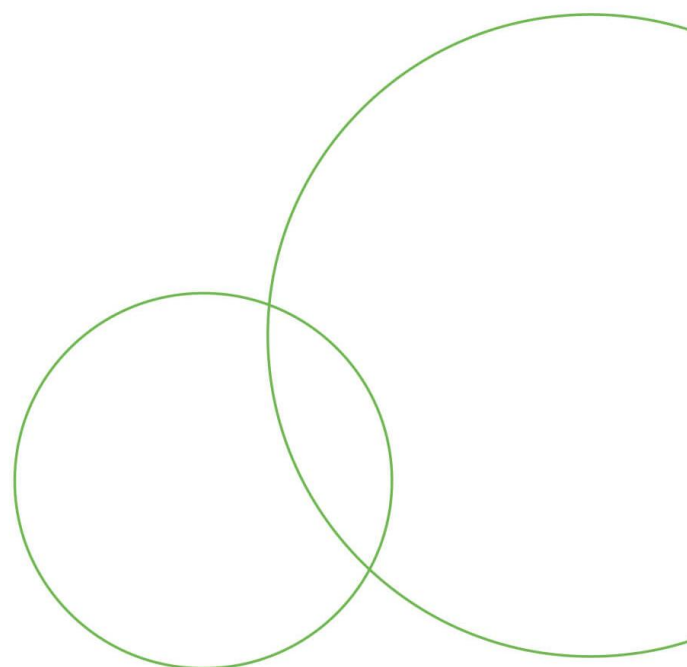


ANNEXES.....	25
Annexe A – Abondances relatives des groupes fonctionnels.....	25
Annexe B – Effort d’échantillonnage.....	26
Annexe C – Groupes fonctionnels spécifiques à Saint-Félicien.....	27
Annexe D – Analyse du couvert de végétation	28
Annexe E – Analyse de la densité des arbres	29
Annexe F – Analyse de la diversité fonctionnelle des arbres.....	30
Annexe G – Analyse de la taille et l’âge des arbres.....	31
Annexe H – Analyse de la canopée nourricière.....	32
Annexe I – Analyse des températures de surface	33
Annexe J – Analyse de la défavorisation sociale et matérielle.....	34
Annexe K – Analyse du type d’utilisation du territoire	35
Annexe L – Analyse du potentiel pour le transport actif	36
Annexe M – Délimitation de territoire d’étude et du périmètre urbain.....	39



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Valeur économique des bénéfices associés à l'ensemble de la forêt urbaine de Saint-Félicien.....	16
--	----



LISTE DES FIGURES

- Figure 1.** Délimitation du périmètre urbain de la ville de Saint-Félicien. En encart, on voit la localisation de l'aire d'étude dans la province de Québec. 5
- Figure 2.** Les patrons de segments de rue (bout de rue entre deux jonctions) au sein de la ville de Saint-Félicien (A). L'encart montre la représentation schématique d'un segment de rue avec son aire tampon utilisée agréger pour les données spatiales (B). 6
- Figure 3.** Cartes de priorisation du reboisement pour la Ville de Saint-Félicien présentant isolément les neuf indicateurs analysés : (A) le couvert de végétation, (B) la densité des arbres, (C) la diversité fonctionnelle, (D) la taille des arbres, (E) l'indice de canopée nourricière, (F) les températures de surface, (G) l'indice de défavorisation sociale et matérielle, (H) le type de vocation du territoire et (I) le potentiel pour le transport actif. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement. 13
- Figure 4.** Liste des indicateurs à l'étude, classés en ordre décroissant de priorité par la population félicinoise. 14
- Figure 5.** Carte de priorisation du reboisement pour la Ville de Saint-Félicien qui résulte en une superposition des indicateurs préalablement présentés et pondérés par la population félicinoise. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement. 15

INTRODUCTION

Menaces à la forêt urbaine félicinoise

Dans le contexte actuel des changements climatiques et globaux, les forêts urbaines sont confrontées à de nombreuses menaces (Castagneyrol et collab, 2024). Même au 48^e parallèle, à Saint-Félicien (Figure 1), le risque de dégradation de la forêt urbaine, bien que difficile à quantifier, est bien réel. Ces menaces prennent la forme de stress environnementaux, d'invasions d'insectes ou de maladies exotiques, dont les impacts peuvent être trop rapides ou intenses pour permettre une adaptation efficace des espèces arborescentes (Saxe et collab., 2001). Dans un tel contexte, il devient ardu de prévoir les effets de ces perturbations, tant sur la forêt elle-même que sur la santé humaine.

Il est cependant bien établi que la détérioration de la forêt urbaine, particulièrement en cas de mortalité massive, entraîne des conséquences négatives sur l'environnement et la qualité de vie des citoyens (Donovan et collab., 2013). Par leurs fonctions biologiques, les arbres rendent en effet de nombreux services écosystémiques essentiels à nos communautés (Tyrväinen et collab., 2005; Harlan et Ruddell, 2011; Salmond et collab., 2016; Nowak et collab., 2018). Ces services vont de valeurs sociales, psychologiques et esthétiques difficilement quantifiables (Peckham et collab., 2013), à des contributions mesurables comme l'amélioration de la qualité de l'air (Nowak et collab., 2018), la séquestration du carbone (Lindén et collab., 2020) et la réduction des effets des îlots de chaleur urbains (Ziter et collab., 2019).

Valeur économique des arbres

La présence d'arbres matures sur une propriété peut faire augmenter sa valeur foncière de 7 % dans certaines municipalités (Ville de Saint-Félicien, 2020). Pour les propriétaires, ces arbres entraînent aussi des économies appréciables, notamment en matière de chauffage et de climatisation. Collectivement, les arbres situés sur des terrains privés et publics rendent aussi de précieux services à l'ensemble de la communauté. Bien que souvent moins tangibles, ces services possèdent une valeur économique non négligeable (Woods et collab., 2018).

État actuel de forêt urbaine félicinoise

La forêt urbaine actuelle de Saint-Félicien résulte d'une interaction complexe entre des facteurs écologiques (climat actuel et passé, répartition des espèces, développement de variétés horticoles, etc.), sociaux (historique de la colonisation, décisions politiques, etc.) et économiques (coûts liés au reboisement et à l'entretien des arbres plantés, etc.). La répartition des arbres sur le territoire est donc loin d'être aléatoire : elle résulte d'un aménagement piloté, maîtrisé et, dans une certaine mesure, instrumentalisé (Castagneyrol et collab, 2024).

La Ville de Saint-Félicien, par l'adoption de sa Politique de l'arbre et son slogan « Planter le bon arbre au bon endroit », démontre une certaine sensibilité aux enjeux élémentaire liés à la plantation (Ville de Saint-Félicien, 2020). Toutefois, les considérations climatiques ne sont pas encore intégrées à la planification ou à la mise en œuvre des efforts de reboisement (Ville de Saint-Félicien, 2020). Des données préliminaires laissent craindre un manque de résilience de la forêt urbaine félicinoise face aux perturbations futures (Annexe A). De plus, la distribution inégale des arbres sur le territoire entraîne une répartition inéquitable des services écosystémiques, créant ainsi une inégalité aux bénéfices environnementaux selon le quartier de résidence.

Approche préconisée dans ce bilan de recherche

Dans un contexte marqué par l'incertitude environnementale, il est à la fois prudent et responsable d'aménager la forêt urbaine de manière à accroître sa résilience et à assurer la pérennité des services écosystémiques qu'elle rend à la population (Griscom et collab., 2017; Ripple et collab., 2019; Sousa-Silva et collab., 2021). Une forêt dense, diversifiée et équitablement répartie sur le territoire urbain, est essentielle au maintien du milieu de vie sains et égalitaires (Nesbitt et collab., 2019; Landry et collab., 2020; Schell et collab., 2020), particulièrement dans un contexte d'instabilité climatique.

Le présent projet vise à développer une stratégie de plantation pour la Ville de Saint-Félicien en identifiant les endroits prioritaires à reboiser et en maximisant les services écosystémiques rendus par ces arbres. La stratégie est inspirée d'une récente recherche scientifique (Sousa-Silva et collab., 2021), la démarche méthodologique est décrite dans la section « Matériel et méthode ». À terme, la mise en œuvre de cette stratégie permettra à la Ville de Saint-Félicien d'aménager une forêt urbaine plus résiliente face aux changements climatiques, tout en étant respectueuse des considérations et des préoccupations citoyennes.

Rôle des municipalités dans la transition

Les municipalités jouent un rôle central dans l'aménagement du territoire et la lutte aux changements climatiques (Silva-Sousa et collab., 2021). Elles représentent à la fois la source de problèmes souvent insoupçonnés, mais elles détiennent aussi une part des solutions (Silva-Sousa et collab., 2021). En effet, les municipalités ont la responsabilité de développer des infrastructures adaptées aux défis à venir, toutefois, peu d'entre-elles disposent de l'expertise nécessaire pour relever ce défi de manière autonome.

La stratégie proposée dans ce projet constitue un outil concret pour permettre à notre collectivité de se préparer activement aux conséquences annoncées par les changements climatiques. Par ailleurs, les initiatives locales visant à atténuer ces effets, telles que l'amélioration de l'état de la forêt urbaine, sont généralement plus simples à planifier et à mettre en œuvre que les grandes démarches internationales (Akbari et Konopacki, 2005; Harlan et Ruddell, 2011; Estrada et collab., 2017). Elles permettent d'agir rapidement, efficacement et à échelle humaine.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Délimitation et description du territoire à l'étude

La présente étude porte sur les arbres situés à l'intérieur du périmètre urbain de la Ville de Saint-Félicien (Figure 1), tel que défini par le service de l'urbanisme municipal. Selon Statistique Canada, en 2021, la population de Saint-Félicien était estimée à 10 089 habitants, la majorité d'entre eux vivent à l'intérieur du périmètre urbain.

Saint-Félicien est une municipalité boréale, située à quelques kilomètres en amont de l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan dans le lac Saint-Jean, à l'extrême nord de la sapinière à bouleau jaune. Ce domaine bioclimatique, caractérisé par une forêt mélangée, est composé d'une vingtaine d'espèce d'arbres indigènes.

Un échantillonnage réalisé en 2021 par des étudiants dans le cadre du cours « Gestion de projet en développement durable II » a permis d'identifier 108 espèces d'arbres présentes dans la forêt urbaine félicinoise. Cet échantillonnage a également servi à définir huit groupes fonctionnels propres à la Ville de Saint-Félicien, ultérieurement utilisés pour analyser la diversité fonctionnelle des arbres sur le territoire.

Choix des indicateurs

Pour orienter la stratégie de reboisement, neuf indicateurs ont été retenus. La sélection des indicateurs analysés s'appuie sur les travaux de Sousa-Silva et collab. (2021). Un seul indicateur proposé dans cette étude de référence n'a pas été retenu : celui portant sur les espèces vulnérables. Ce choix est motivé par la faible abondance relative des frênes, estimée à moins de 2 % contrairement à 21 % dans la Ville de Joliette par exemple (Sousa-Silva et collab., 2021). Le frêne est un genre particulièrement vulnérable aux infestations de l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*), un insecte exotique envahissant qui a dévasté de très nombreuses frênaies en Amérique du Nord. À Saint-Félicien, seul le frêne noir (*Fraxinus nigra*) est naturellement présent. Or, cette espèce occupe des milieux humides peu compatibles avec l'environnement urbain et possède un faible attrait ornemental, ce qui limite son implantation dans les espaces verts municipaux.

Ainsi, les huit indicateurs analysés sont les suivants : (1) l'index de défavorisation matérielle et sociale, (2) le potentiel pour le transport actif, (3), le type d'utilisation du territoire, (4) les températures de surface, (5) le couvert végétal, (6) la densité des arbres, (7) la diversité fonctionnelle des arbres et (8) la maturité des arbres. Un indicateur supplémentaire (9) s'ajoute à cette liste et n'avait pas été considéré dans l'étude de Sousa-Silva et collab. (2021) : l'indice de canopée nourricière. L'ajout de cet indicateur répond à un enjeu de souveraineté alimentaire face à lequel les communautés et les municipalités peuvent jouer un rôle prépondérant. Ces indicateurs, écologiques et sociaux, sont scientifiquement reconnus pour offrir, lorsqu'ils sont maximisés, des bénéfices directs ou indirects aux communautés (Sousa-Silva et collab., 2021).

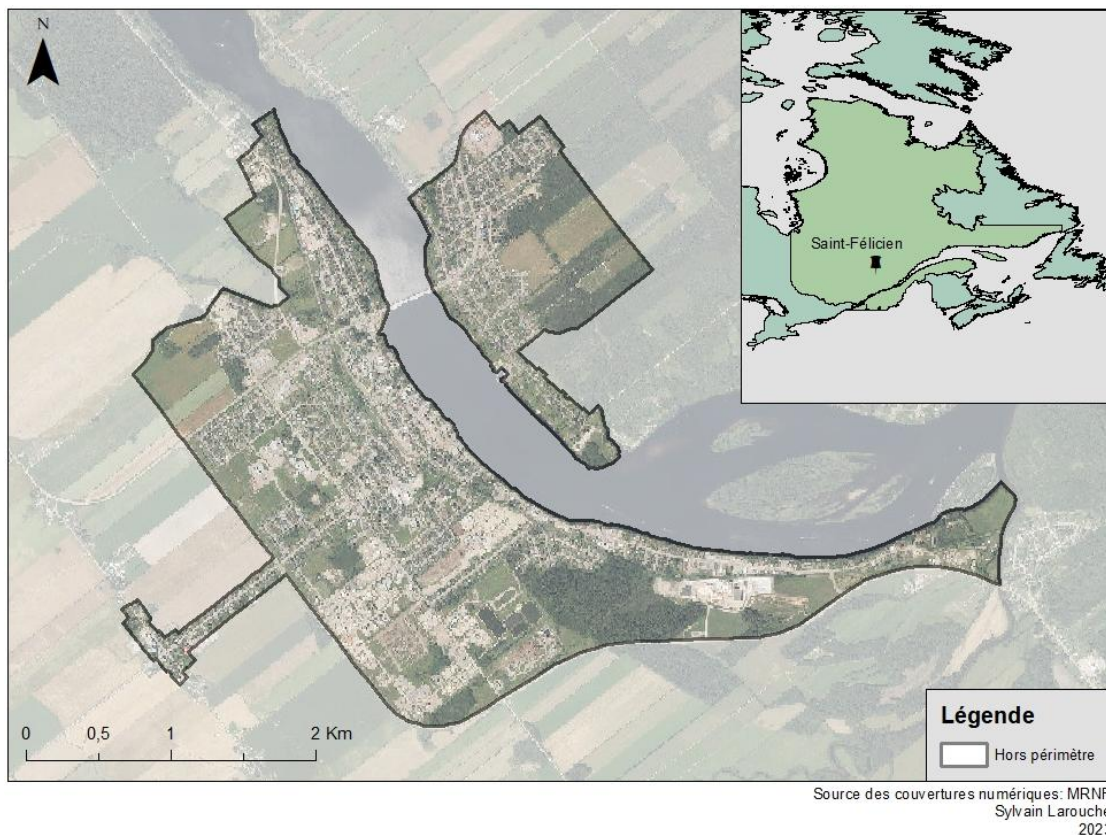


Figure 1. Délimitation du périmètre urbain de la ville de Saint-Félicien. En encart, on voit la localisation de l'aire d'étude dans la province de Québec.

Analyse et interprétation des indicateurs

Pour réaliser l'analyse, le réseau routier urbain de Saint-Félicien a été découpé en segments (Figure 2 (A)). Un segment correspond à une portion de rue entre deux intersections consécutives. L'aire d'étude comprend un total de 337 segments routiers, dont la longueur varie de 14 à 1197 mètres, avec une moyenne de 176 mètres. Ces segments constituent les unités de base de l'analyse.

Autour de ces segments, une zone tampon de 50 mètres a été définie (Figure 2 (B)). Les données utilisées pour analyser chaque indicateur ont été spatialement agrégées à l'intérieur de ces zones tampons. Pour tous les indicateurs, une valeur de priorisation du reboisement a été attribuée à chaque segment routier. Cette priorisation repose sur la correspondance entre les bénéfices reconnus des indicateurs et les segments qui en sont déficients. En d'autres termes, plus un segment est pauvre en bénéfices associés à un indicateur donné, plus sa priorité de reboisement est élevée. À l'inverse, les segments déjà riches en bénéfices reçoivent une priorité moindre, ce qui permet d'orienter efficacement les efforts de reboisement vers les zones les plus vulnérables ou les moins bien desservies.



Figure 2. Les patrons de segments de rue (bout de rue entre deux jonctions) au sein de la ville de Saint-Félicien (A). L'encart montre la représentation schématique d'un segment de rue avec son aire tampon utilisée agréger pour les données spatiales (B).

Pour faciliter l'interprétation des résultats, les indicateurs avec des variables continues ont été divisés en quintiles. Les valeurs ont d'abord été classées par ordre croissant, puis réparties en cinq groupes équivalents.

Finalement, à la suite d'une consultation publique, le poids accordé à chaque indicateur a été ajusté en fonction de l'importance relative attribuée par la population. Cette approche méthodologique est décrite à la section « Pondération des indicateurs ».

Toutes les analyses spatiales ont été effectuées en utilisant les outils d'analyses spatiales du logiciel ArcGIS Pro 3.2.0.

Couvert de végétation

Le couvert végétal est défini comme étant le pourcentage de surface au sol recouverte par de la végétation, incluant les arbres, les arbustes et les herbacées, comme le gazon. Le couvert végétal a été estimé en découpant numériquement les surfaces végétales et anthropisées visualisées sur la plus récente mosaïque d'orthophotographies aériennes du ministère (datant de 2018), dont la résolution spatiale varie de 20 à 30 cm. Le pourcentage de couvert végétal a ensuite été calculé au sein de chaque segment routier. Pour un segment donné, un faible pourcentage de recouvrement correspond à une très haute priorité pour la plantation et, à l'inverse, un fort pourcentage de recouvrement correspond à une très faible priorité de reboisement.

Densité des arbres

La densité, représentée par le nombre d'arbres (vivants et de plus de 1 cm de DHP) par hectare de forêt urbaine, constitue une autre façon de caractériser l'occupation du territoire par les arbres. Contrairement au couvert de végétation, qui considérerait tous les types de végétation confondus, celui-ci se concentre spécifiquement sur les arbres. Ces deux indicateurs sont donc complémentaires. L'analyse repose sur la répartition de 6 638 arbres inventoriés sur des cadastres publics et privés, eux-mêmes contenus à l'intérieur des zones tampons (Annexe B). Pour un segment donné, une faible densité correspond à une priorité très élevée en matière de plantation.

Diversité fonctionnelle des arbres

La diversité fonctionnelle désigne la variété des traits biologiques et écologiques (appelés traits fonctionnels) que possèdent les arbres d'une ville (Paquette et collab., 2016). Ces traits, définis comme des caractéristiques mesurables des espèces reflétant leurs réponses et adaptations à l'environnement (Violle et collab., 2007), permettent de regrouper les espèces en groupes fonctionnels. On suppose alors que des espèces distinctes, mais partageant des traits fonctionnels similaires, réagiront de façon comparable aux perturbations environnementales. Ainsi, le recours à d'espèces appartenant à des groupes fonctionnels différents lors du reboisement constitue une stratégie optimale pour favoriser la résilience et la pérennité des services écosystémiques à long terme (Paquette et collab., 2021). Dans cette étude, les espèces arborescentes inventoriées à Saint-Félicien ont été classés en huit groupes fonctionnels (Annexe C) en s'appuyant sur la méthodologie développée par Paquette (2016). La diversité fonctionnelle a été mesurée à l'aide du *nombre de Hill*, un indice initialement développé pour estimer la diversité biologique (Hill, 1973). L'indice prend en compte à la fois de la richesse et de l'équité de la répartition des groupes fonctionnels des zones tampons (Hill, 1973). Plus cet indice est faible pour un segment donné,

plus les risques de perturbations compromettant le fonctionnement de l'écosystème sont élevés, ce qui justifie une priorité plus grande pour la plantation d'arbres.

Taille et âge des arbres

Lors de l'inventaire des arbres urbains de Saint-Félicien, l'âge des arbres n'a pas été directement mesurée. À la place, leur taille, exprimée en diamètre à hauteur de poitrine (DHP), a été utilisée comme proxy pour estimer leur âge. Un ratio a été calculé entre le DHP actuel de chaque arbre et sa taille maximale connue, ce qui permet d'obtenir une approximation de son niveau de maturité. Seuls les arbres munis d'un tronc unique ont été conservés dans l'analyse (n = 4 302 arbres). La liste des tailles maximales est celle de la Chaire en écologie urbaine de l'UQAM, bonifiée par Farrar (2006) lorsque des valeurs étaient manquantes. La moyenne des ratios taille actuelle / taille maximale a été calculée pour chaque zone tampon. Un ratio faible (indiquant des arbres jeunes ou peu développés par rapport à leur potentiel) est associé à une priorité plus élevée en matière de plantation.

Indice de canopée nourricière

L'indice de canopée nourricière correspond au pourcentage de superficie couverte par la cime des arbres à valeur nourricière, par rapport à la surface de chaque zone tampon. Les espèces retenues dans cette analyse sont reconnues pour leur comestibilité, tant pour l'humain que pour la faune en général. L'analyse repose sur la répartition de 1 389 arbres fruitiers inventoriés dans les cadastres échantionnés (Annexe B). Comme l'étude se concentre exclusivement sur les arbres, les arbustes fruitiers d'intérêt comme *Rubus* sp. (Framboisiers) et *Vaccinium* sp. (Bleuetiers) par exemple, n'ont pas été pris en compte. Ainsi, les espèces arborescentes identifiées et incluses dans l'analyse sont les suivantes : *Amelanchier alnifolia* (3), *Juglans cinerea* (4B), *Malus* sp. (4A), *Prunus armeniaca* (4B), *Prunus* sp. (4A) et *Pyrus communis* (3)¹.

Température de surface

En milieu urbain, le remplacement des surfaces végétalisées par des surfaces pavées et imperméables entraîne une élévation des températures de surface et contribue à la formation d'îlots de chaleur urbains (Mohajerani et collab., 2017). La plantation d'arbres en ville permet de

¹ Les notes entre parenthèses correspondent au groupe fonctionnel d'appartenance des espèces nommées.

contrer ce phénomène de deux façons : directement, en créant des zones ombragées et, indirectement, grâce au processus d'évapotranspiration. L'ombre générée par les arbres peut également réduire la demande en air conditionnée, ce qui diminue les émissions de gaz à effet de serre liées aux bâtiments. Les données utilisées pour évaluer la température de surface provient de l'Institut national de santé publique (INSPQ, 2020). Une température moyenne a été attribuée à chaque segment routier en calculant la moyenne pondérée des pixels (20 m x 20 m) situés dans la zone tampon entourant le segment. Pour un segment donné, une température de surface élevée, indiquant un îlot de chaleur, correspond à une priorité très élevée de reboisement. À l'inverse, les segments correspondant à des îlots de fraîcheur sont associés à une priorité très faible.

Défavorisation sociale et matérielle

Bien que souvent invisibles à l'œil nu, les bénéfices des arbres urbains sont considérables. Toutefois, des préoccupations croissantes émergent quant à l'inégale distribution de ces bénéfices dans les villes. Des études ont démontré que le couvert arboré tend à être plus faible dans les quartiers défavorisés (Dai, 2011 ; Greene et collab., 2018). Cette disparité dans la localisation et la qualité de la forêt urbaine entraîne une distribution inéquitable des services écosystémiques. En conséquence, les quartiers plus aisés en bénéficient de manière disproportionnée, tandis que les quartiers plus pauvres demeurent exposés à une mauvaise qualité de l'air et à des effets néfastes sur la santé (Greene et collab., 2018). Une stratégie de reboisement urbain sensible à ces inégalités sociales permettrait d'atténuer les disparités territoriales et de promouvoir une justice environnementale plus équitable.

Pour mesurer cet indicateur, l'indice de défavorisation matérielle et sociale (IDMS) a été utilisé (INSPQ, 2021). Comme son appellation l'indique, il comprend deux dimensions :

- La dimension matérielle reflète la privation de biens et de commodités de la vie courante, mesurée par des variables liées à la scolarité, à l'emploi et au revenu.
- La dimension sociale renvoie à la fragilité du tissu social, mesurée par la proportion de personnes vivant seules, de familles monoparentales ou de personnes séparées, divorcées ou veuves.

L'IDMS regroupe ainsi six indicateurs choisis pour leur lien avec l'état de santé et leur capacité à refléter l'une ou l'autre des deux formes de défavorisation. Dans l'analyse, un poids égal a été attribué aux deux dimensions. Une valeur moyenne de l'indice a été calculée pour chaque zone tampon, puis associée au segment routier correspondant.

Type d'utilisation du territoire

Deux arbres parfaitement identiques, accomplissant les mêmes fonctions écologiques et rendant les mêmes services écosystémiques, n'auront pas nécessairement la même valeur pour une communauté selon l'endroit où ils se trouvent. Par exemple, l'impact d'un arbre situé en plein centre-ville sera généralement plus grand que celui d'un arbre dans une zone industrielle, en raison d'une plus grande exposition et fréquentation citoyenne dans les milieux résidentiels.

C'est pourquoi, dans cette analyse, la priorité maximale de reboisement (5) a été attribuée aux segments routiers situés en zones résidentielles. À l'inverse, les zones industrielles et commerciales ont reçu une cote de priorité plus faible (2), tandis que les zones rurales ont été classées en priorité très faible (1). Cet écart de priorisation est assumé et considéré proportionnel à l'importance relative de chaque type d'usage du territoire en matière de services rendus à la population.

Cela dit, les municipalités disposent d'un pouvoir de reboisement limité sur les terrains qui ne leur appartiennent pas. Leurs actions dans ces cas se résument souvent à des campagnes de sensibilisation ou à des incitatifs financiers, qui bien que pertinents, restent des mesures indirectes. À l'inverse, il est beaucoup plus simple pour une municipalité d'intervenir sur ses propres terrains qu'il s'agisse de terres pleines, de parcs ou de boisés. Ces espaces publics, qui agissent comme corridors de déplacement ou lieux de rassemblement, ont donc reçu une priorité modérée (3) au même titre que les autres terrains publics.

L'analyse de cet indicateur repose sur le découpage cadastral fourni par la municipalité de Saint-Félicien. Le type d'utilisation dominant observé dans chaque zone tampon a été attribué au segment routier correspondant.

Potentiel pour le transport actif

Les infrastructures de transport actif, telles que les pistes cyclables et les trottoirs, constituent des secteurs privilégiés pour la plantation d'arbres. En plus de contribuer à rafraîchir l'air ambiant, les arbres rendent ces espaces plus accueillants, tout en réduisant l'exposition des cyclistes et des piétons à la pollution atmosphérique (Lusk et collab., 2018). La végétalisation de ces corridors peut ainsi favoriser l'activité physique et améliorer la qualité de vie urbaine.

Dans le cadre de l'analyse, les corridors disposant à la fois d'infrastructures cyclables et piétonnières ont été considérés comme ayant le plus grand potentiel pour le transport actif et se sont vu attribuer une priorité élevée de reboisement (5). Les corridors pourvus d'un seul type d'infrastructure (cyclable ou piétonnière) ont reçu une priorité moyenne (3). Enfin, les segments

sans infrastructure de transport actif ont été classés en priorité faible (1). Autrement dit, plus le potentiel pour le transport actif est grand, plus la priorité de plantation d'arbres est élevée, l'objectif étant de renforcer ces corridors à haute valeur d'usage.

Les données sur le réseau cyclable ont été fournies par la municipalité. Quant aux trottoirs et aux corridors scolaires, ils ont été repérés à partir d'orthophotographies aériennes, puis validés par des observations sur le terrain.

Pondération des indicateurs

Le choix de pondérer les indicateurs à l'aide d'une consultation citoyenne découle d'une décision réfléchie et délibérée. Tous les indicateurs retenus pour l'élaboration de la stratégie de reboisement présentent une pertinence certaine. Cela dit, ils ne possèdent pas tous la même valeur scientifique. Certains sont reconnus comme étant plus pertinents que d'autres dans une perspective purement écologique ou méthodologique. Une pondération fondée uniquement sur la littérature aurait donc été possible, menant à une stratégie strictement fondée sur des considérations scientifiques. Toutefois, nous avons plutôt choisi de sonder l'opinion publique afin de sonder les valeurs, les priorités et les perceptions des citoyens. Les participants à la consultation allaient de néophytes complets à des connaisseurs expérimentés. Malgré cette diversité, l'exercice a permis de dégager une vision collective des bénéfices jugés les plus importants pour la communauté. En conséquence, la stratégie proposée reflète non seulement les fondements scientifiques, mais aussi les aspirations locales. Cette approche vise à maximiser l'acceptabilité sociale de la stratégie, tout en augmentant les chances de succès lors de sa mise en œuvre. Des questions générales quant à l'importance que devrait accorder l'administration de la Ville de Saint-Félicien à l'arbre urbain et, plus généralement, à la préservation de l'environnement ont également été soulevées.

Valeur des services écosystémiques

Une part importante des données recueillies lors de l'inventaire des arbres réalisé lors les étés 2023 et 2024² a été analysée à l'aide du logiciel *i-Tree Eco* (version 6.0.35), développé par le *U.S.D.A. Forest Service*. Ce logiciel permet d'estimer la valeur des services écosystémiques rendus par les arbres, en fonction de leur espèce, de leur taille, de l'envergure de leur cime et de leur localisation géographique. En croisant ces caractéristiques avec des données

² Certaines données manquantes ont été modélisées à partir des données de l'inventaire.

météorologiques locales, le modèle fournit des estimations précises de plusieurs services fonctionnels, notamment la séquestration du carbone, la filtration de polluants atmosphériques et le ruissellement pluvial évité. Ces services ont été traduits en valeurs monétaires, afin de mieux communiquer leur importance et de renforcer la justification économique des efforts de reboisement.

Le territoire couvert par l'inventaire ne représente qu'une infime fraction de l'aire urbaine félicinoise (Annexe M). Voici un sommaire des opérations mathématiques réalisés pour en arriver à estimer la valeur monétaire associée à certains services écosystémiques rendus par les arbres qui composent la forêt urbaine de Saint-Félicien.

- Modélisation de certaines données manquantes;
- Extrapolation des données de l'inventaire à l'échelle des zones tampons.
- En utilisant comme base l'estimation moyenne des services écosystémiques rendus par hectare et en supposant que la composition et la structure des boisés était la même que celle des zones tampons, l'extrapolation de la valeur des services écosystémiques rendus par les boisés de plus d'un demi-hectare de superficie a pu être estimée.

RÉSULTATS

Présentation des indicateurs non pondérés

Après avoir octroyé pour chaque segment routier une classe de priorisation, et ce, pour chacun des neuf indicateurs individuellement, neuf cartes de priorisation du reboisement ont été produites. La Figure 3 présente les neuf indicateurs rassemblés dans une seule carte tandis que les annexes D à L présentent les indicateurs isolément les uns les autres, avec une meilleure résolution.



Figure 3. Cartes de priorisation du reboisement pour la Ville de Saint-Félicien présentant isolément les neuf indicateurs analysés : (A) le couvert de végétation, (B) la densité des arbres, (C) la diversité fonctionnelle, (D) la taille des arbres, (E) l'indice de canopée nourricière, (F) les températures de surface, (G) l'indice de défavorisation sociale et matérielle, (H) le type de vocation du territoire et (I) le potentiel pour le transport actif. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Pondération des indicateurs

Du 14 au 30 avril 2025, 412 personnes ont complété le sondage en ligne portant sur l'importance des arbres à Saint-Félicien, en voici les principaux faits saillants :

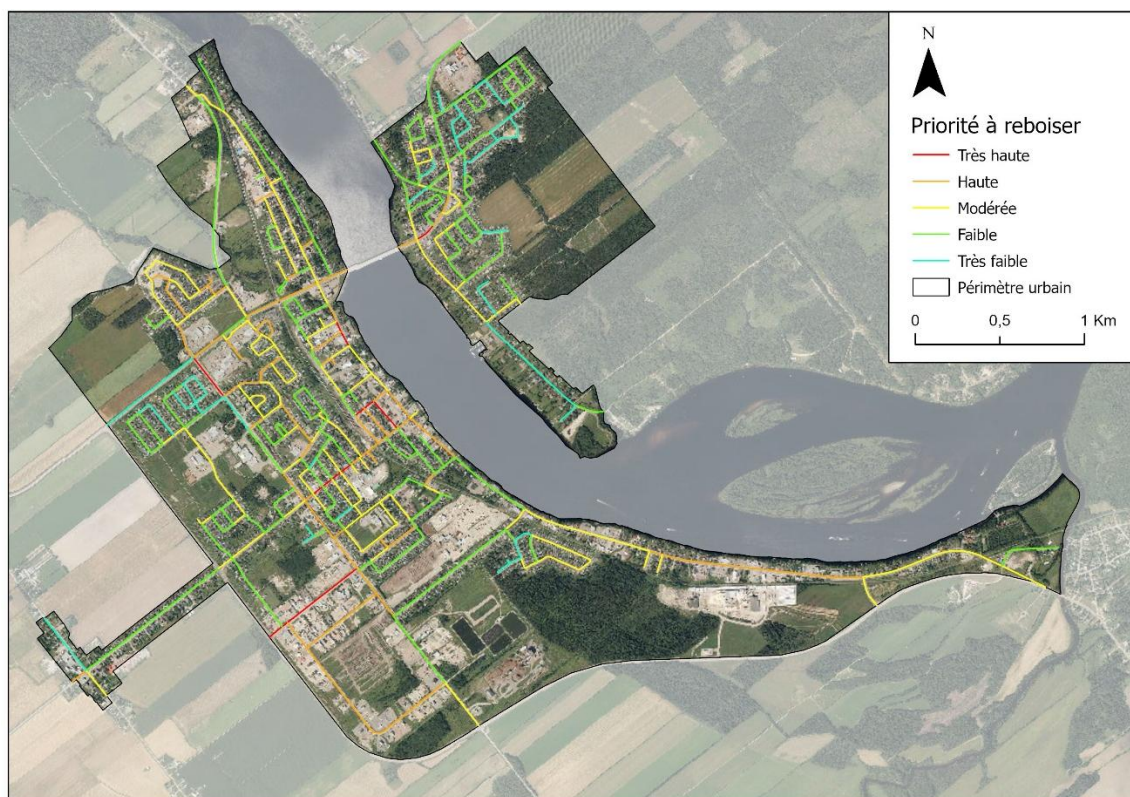
- 94 % des répondants accordent une grande ou une très grande importance aux arbres urbains.
- 93 % des répondants souhaiteraient que l'administration municipale accordent une grande ou une très grande importance aux arbres urbains.
- Plusieurs répondants accordent également une grande importance à la préservation des boisés urbains.
- Ici-bas (Figure 4), les indicateurs à l'étude ont été classés en ordre décroissant de priorité.



Figure 4. Liste des indicateurs à l'étude, classés en ordre décroissant de priorité par la population félicinoise.

Stratégie de reboisement

La stratégie de priorisation du reboisement des rues de la Ville de Saint-Félicien se résume en une carte synthèse (Figure 5). Cette carte représente la superposition des neuf indicateurs analysés, mais dont le poids relatif a été pondéré proportionnellement à l'importance accordée par la population lors de la consultation citoyenne. Ainsi, le poids des trois indicateurs considérés prioritaires par la population (1, 2 et 3) a été triplé, celui des indicateurs moyens (4, 5 et 6) a été doublé tandis que les trois indicateurs moins prioritaires (7, 8 et 9) ont conservé le poids original.



Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2025

Figure 5. Carte de priorisation du reboisement pour la Ville de Saint-Félicien qui résulte en une superposition des indicateurs préalablement présentés et pondérés par la population félicinoise. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Valeur des services écosystémiques de la forêt urbaine félicinoise

Suivant l'estimation de certains services écosystémiques rendus, la valeur de la forêt urbaine de Saint-Félicien est estimée à environ 12,7M\$ (Tableau 1). À cette valeur actuelle s'ajoute annuellement une somme de 255 793\$ sous forme de séquestration de carbone de même que des économies annuelles de 763 610\$ (Tableau 1). En effet, la dépollution de l'atmosphère par les arbres mène à l'amélioration de la santé des citoyens et donc à des économies en services de santé. De même, en interceptant l'eau et en la redistribuant dans l'atmosphère, les arbres urbains diminuent les eaux de ruissellement et, conséquemment, les investissements municipaux pour traiter les eaux pluviales. Il est à noter que les estimations effectuées sont conservatrices, car la valeur de plusieurs services n'a pu être calculée.

Tableau 1. Valeur économique des bénéfices associés à l'ensemble de la forêt urbaine de Saint-Félicien.

Services écosystémiques	Sous-totaux
Services structurels	
Stockage de carbone (\$)	12 700 931
Habitat pour la biodiversité	N/A
Stabilisation des sols	N/A
Valeur culturelle	N/A
Sous-totaux	12 700 931
Services fonctionnels	
Séquestration de carbone (\$/an)	255 793
Dépollution (\$/an)	22 035
Évitement du ruissellement (\$/an)	741 575
Production d'oxygène	N/A
Économie d'énergie	N/A
Sous-totaux	1 019 403

DISCUSSION

Synthèse des résultats et convergences spatiales

L'analyse combinée des indicateurs a permis de brosser un portrait nuancé de la forêt urbaine félicinoise et de mettre en lumière les segments routiers présentant une plus ou moins grande vulnérabilité. A priori, le centre-ville, le quartier industriel, la route 169, la rue Sacré-Cœur et le quartier des Pionniers ressortent comme des zones d'intervention prioritaires (Figure 5). Globalement, le territoire compris entre le boulevard Sacré-Cœur, la rue Notre-Dame, le boulevard Hamel et le Boulevard St-Félicien est identifié comme prioritaire selon une majorité d'indicateurs, alors que les secteurs périurbains s'avèrent moins préoccupants (Figure 3, Annexes D à L).

À l'opposé, hormis un court tronçon de la route 169, entre le pont et le rang St-Eusèbe, la forêt urbaine située au nord-est de la rivière Ashuapmushuan se distingue positivement sur l'ensemble des indicateurs (Figure 3, Annexes D à L).

Le croisement des données spatiales a permis de repérer des segments cumulant plusieurs déficiences. Ces superpositions d'enjeux renforcent la pertinence d'une priorisation ciblée. Voici deux exemples illustrant ces convergences :

- Dans le quartier des Pionniers et dans le quartier industriel (Figure 3B, Annexe E), une faible densité d'arbres est corrélée à une diversité fonctionnelle réduite (Figure 3C, Annexe F). Statistiquement, une densité plus faible réduit les chances de diversifier des essences avec succès.
- Deux secteurs plus défavorisés (Figure 3G, Annexe J), soit le centre-ville et, dans une moindre mesure, du quartier de la rue Dumas, présentent un faible couvert végétal (Figure 3A, Annexe D) et des îlots de chaleur (Figure 3F, Annexe I). Ces disparités convergentes soulignent l'importance d'une stratégie de reboisement équitable.

Constats spécifiques :

- Le couvert de végétation (Figure 3A, Annexe D) semble insuffisant pour atténuer efficacement les îlots de chaleur (Figure 3F, Annexe I) (Lungman et collab., 2023).

- Certains quartiers, notamment celui des Pionniers, affichent une très faible densité d'arbres, suggérant que les incitatifs promouvant le reboisement actuellement en place sont soit insuffisants, soit mal appliqués.
- La diversité fonctionnelle est globalement satisfaisante à l'échelle du territoire d'étude (Figure 3C, Annexe F). Néanmoins, certains groupes fonctionnels sont sous-représentés (Annexe A).
- Les arbres urbains à Saint-Félicien sont relativement jeunes (Figure 3D, Annexe G). Il demeure néanmoins prudent de planifier une relève afin d'éviter une perte massive de canopée à moyen terme.
- À l'exception de quelques segments dont la performance est attribuable à des initiatives individuelles privées, l'indice de canopée nourricière demeure faible sur l'ensemble du territoire urbain (Figure 3E, Annexe H).
- Bien que Saint-Félicien soit une petite municipalité nordique traversée de part et d'autre par la majestueuse rivière Ashuapmushuan, elle n'échappe pas à la problématique des îlots de chaleur (Figure 3F, Annexe I).
- Les développements plus récents ne prévoient généralement pas d'infrastructures favorisant le transport actif (Figure 3I, Annexe L). De plus, une artère cyclable à la hauteur du boulevard Saint-Félicien pour traverser sécuritairement la voie ferrée est manquante (Annexe L, Figure L2)

L'estimation de la valeur monétaire de la forêt urbaine de Saint-Félicien met en lumière l'apport économique tangible des arbres en milieu urbain. Les résultats révèlent que même dans une municipalité de taille modeste, la forêt urbaine génère des bénéfices économiques non négligeables. Cela constitue un argument solide pour justifier les investissements en reboisement, en entretien des arbres existants et en conservation des boisés naturels.

Par ailleurs, ces boisés présentent une richesse écologique intrinsèque, façonnée au fil des décennies. Leur diversité biologique et leur résilience est difficilement reproductible : lorsqu'un écosystème mature est détruit, il est illusoire de croire qu'il pourra être recréé à court terme. La nature fait les choses avec une efficacité qu'aucune intervention humaine ne peut égaler.

Dans le contexte actuel des changements climatiques, il est impératif de préserver ces milieux. Les prétextes pour raser un îlot forestier devraient être exceptionnellement rares. À l'opposé, ces boisés mériteraient d'être protégés, mis en valeur, rendus accessibles à la population et, lorsque possible, étendus ou recréés sur d'autres sites.

Retombées pour la planification municipale

La stratégie de reboisement appliquée dans le cadre de ce projet représente un outil concret d'aide à la décision pour la Ville de Saint-Félicien. Elle permet non seulement de guider les interventions en fonction des besoins écosystémiques, mais aussi d'assurer une meilleure équité territoriale dans l'accès aux bienfaits associés aux arbres urbains. En ciblant les secteurs résidentiels sous-dotés, la Ville peut réduire les écarts sociaux en matière de santé et de qualité de vie.

La valorisation économique des services écosystémiques fournit en complément un argumentaire financier justifiant les investissements municipaux en verdissement. Enfin, la stratégie contribue directement aux objectifs d'adaptation aux changements climatiques, en favorisant la résilience écologique, la réduction des îlots de chaleur et la sécurité alimentaire locale par l'augmentation de la canopée nourricière.

Limites de l'étude

Certaines limites doivent toutefois être reconnues. La base de données repose en partie sur un inventaire dont la couverture, bien que substantielle, reste partielle. L'âge des arbres a été estimé à l'aide du diamètre à hauteur de poitrine (DHP), ce qui demeure une approximation. Par ailleurs, certaines données d'analyse, comme les orthophotographies utilisées pour estimer le couvert végétal, datent de 2018 et pourraient ne pas refléter fidèlement la situation actuelle.

Perspectives et pistes d'action

Plusieurs avenues peuvent être envisagées pour consolider et bonifier cette stratégie. Sur le plan opérationnel, une mise en œuvre rapide serait souhaitable, débutant par les segments prioritaires identifiés. En effet, les arbres prennent quelques années avant d'atteindre une certaine maturité et d'avoir un impact dans une communauté, il est donc préférable de les planter plus tôt que tard.

Enfin, pour accroître l'impact de cette démarche, il conviendrait d'intégrer cette stratégie de reboisement aux documents de planification municipale, notamment les plans d'urbanisme et la politique de l'arbre.

CONCLUSION

Ce bilan de recherche brosse un portrait détaillé de la forêt urbaine félicinoise et propose une stratégie de reboisement fondée à la fois sur des bases scientifiques solides et sur les valeurs exprimées par la population. Cette approche hybride renforce la pertinence des actions proposées, autant d'un point de vue environnemental que communautaire. Grâce à l'analyse de neuf indicateurs écologiques et sociaux répartis sur 337 segments routiers, il a été possible de cibler avec précision les secteurs où les besoins en verdissement sont les plus criants, que ce soit en raison de déficits en services écosystémiques, de vulnérabilités climatiques ou d'enjeux d'équité sociale.

En plus d'orienter les futures interventions de plantation, cette démarche outille la Ville de Saint-Félicien dans sa transition vers un aménagement du territoire plus durable, résilient et équitable. Elle permet de répondre à des défis majeurs tels que l'adaptation aux changements climatiques, la réduction des inégalités environnementales et la bonification des milieux de vie.

Bien que certaines limites aient été identifiées, notamment sur le plan des données disponibles et de la portée de la consultation, la méthodologie mise en place demeure robuste.

À terme, ce travail constitue une base stratégique sur laquelle la Ville pourra s'appuyer pour planifier, prioriser et justifier ses initiatives de verdissement. Ce travail offre aussi un levier inestimable à la municipalité pour obtenir le financement nécessaire pour réaliser divers aménagements prioritaires d'envergure. Il s'agit d'un pas concret vers une forêt urbaine plus diversifiée, plus équitable et mieux adaptée aux défis du XXI^e siècle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Akbari, H. et S. Konopacki. 2005. *Calculating energy-saving potentials of heatisland reduction strategies*. Energy Policy 33, 721–756.

Castagneyrol, B., S. Muller et A. Paquette. 2024. *De l'arbre en ville à la forêt urbaine*. Éditions Quae. Presses de l'Université du Québec. 183 pages.

Dai, D. 2011. *Racial/ethnic and socioeconomic disparities in urban green space accessibility: where to intervene?* Landsc. Urban Plan. 102, 234–244.

Donovan, G. H., D. T. Butry, Y. L. Michael, J. P. Prestemon, A. M. Liebhold, D. Gatzliolis et M. Y. Mao. 2013. *The relationship between trees and human health*. Am J Prev Med. 44(2): 139–145.

Estrada, F., W. J. W. Botzen et R. S. J. Tol. 2017. *A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts*. Nat. Clim. Chang. 7, 403–406.

Farrar, J. L. 2006. *Les arbres du Canada*. FIDES. 502 pages.

Greene, C. S. et A. A. Millward. 2016. *The legacy of past tree planting decisions for a city confronting emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) invasion*. Front. Ecol. Evol. 4:27.

Greene, C. S., P. J. Robinson et A. A. Millward. 2018. *Canopy of advantage: who benefits most from city trees?* J. Environ. Manag. 208, 24–35.

Griscom, B. W., J. Adams, P. W. Ellis, R. A. Houghton, G. Lomax, D. A. Miteva et collaborateurs. 2017. *Natural climate solutions*. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 114, 11645–11650.

Harlan, S. L. et D. M. Ruddell. 2011. *Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation*. Curr. Opin. Environ. Sustain. 3, 126–134.
Hill, M. O. (1973). *Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences*. Ecology 54, 427–432.

INSPQ 2020. *Ilots de Chaleur/Fraicheur Urbains et Température de Surface*. Jeux de données. Page consultée le 26/02/2024. Adresse URL : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/ilots-de-chaueur-fraicheur-urbains-et-temperature-de-surface>

INSPQ 2021. *Indice de défavorisation 2021*. Jeux de données. Page consultée le 13/03/2024.
Adresse URL : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/indice-de-defavorisation-du-quebec-2021/resource/77f297a1-ab33-414a-8379-1a8d0775f98f>

Landry, F., J. Dupras et C. Messier. 2020. *Convergence of urban forest and socio-economic indicators of resilience: a study of environmental inequality in four major cities in eastern Canada*. *Landsc. Urban Plan* 202: 103856.

Lindén, L., A. Riikonen, H. Setälä et V. Yli-Pelkonen. 2020. *Quantifying carbon stocks in urban parks under cold climate conditions*. *Urban For. Urban Green*. 49:126633.

Lusk, A. C., F. D. da Silva Filho et L. Dobbert. 2018. *Pedestrian and cyclist preferences for tree locations by sidewalks and cycle tracks and associated benefits: worldwide implications from a study in Boston, MA*. *Cities* 106:102111.

Lungman T., M. Cirach, F. Marando, E. Pereira Barboza, S. Khomenko et collaborateurs. 2023. *Cooling cities through urban green infrastructure: A health impact assessment of European cities*. *The Lancet*, 401, 577-89.

McHale, MR, I. C. Burke, M. A. Lefsky, P. J. Peper et E. G. McPherson. 2009. *Urban forest biomass estimates: is it important to use allometric relationships developed specifically for urban trees?* *Urban Ecosystems*, 12:95-113.

Mohajerani, A., Bakaric, J., and Jeffrey-Bailey, T. 2017. *The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete*. *J. Environ.Manag.* 197, 522–538.

Nesbitt, L., M. J., Meitner, C. Girling, S. R. J. Sheppard et Y. Lu. 2019. *Who has access to urban vegetation? A spatial analysis of distributional green equity in 10 US cities*. *Landsc. Urban Plan.* 181, 51–79.

Nowak, D. J., S. Hirabayashi, M. Doyle, M. McGovern et J. Pasher. 2018. *Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health*. *Urban For. Urban Green.* 29, 40–48.

O'Sullivan, O. S., A. R. Holt, P. H. Warren et K. L. Evans. 2017. *Optimising UK urban road verge contributions to biodiversity and ecosystem services with cost-effective management*. *J. Environ. Manag.* 191, 162–171.

Paquette, A. 2016. *Augmentation de la canopée et de la résilience de la forêt urbaine de la région métropolitaine de Montréal*. Sous la direction de Cornelia Garbe, Jour de la Terre, et du Comité de reboisement de la CMM. Montréal. 28 pages.

Paquette, A., R. Sousa-Silva, F. Maure, E. Cameron, M. Belluau et C. Messier. 2021. *Praise for diversity: A functional approach to reduce risks in urban forests*. Urban For. Urban Green. 62, 127157

Peckham, S. C., P. N. Duinker et C. Ordóñez. 2013. *Urban forest values in canada: views of citizens in calgary and halifax*. Urban For. Urban Green. 12, 154–162.

Ripple, W. J., C. Wolf, T. M. Newsome, P. Barnard et W. R. Moomaw. 2019. *World Scientists' warning of a climate emergency*. Bioscience 2000, 1–20.

Salmond, J. A., M. Tadaki, S. Vardoulakis, K. Arbuthnott, A. Coutts, M. Demuzere et collaborateurs. 2016. *Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment*. Environ. Heal. A Glob. Access Sci. Source 15: S36.

Saxe H., M. G. R. Cannell, Ø. Johnsen, M. G. Ryan et G. Vourlitis. 2001. *Tree and forest functioning in response to global warming*. *New Phytologist*, 149 (3), 369-99.

Schell, C. J., K. Dyson, T. L. Fuentes, S. Des Roches, N. C. Harris, D. S. Miller et collaborateurs. 2020. *The ecological and evolutionary consequences of systemic racism in urban environments*. Science 369: eaay4497.

Sousa-Silva, R., E. Cameron & A. Paquette. 2021. *Prioritizing Steet Tree Planting Locations to increase Benefits for All Citizens: Experience From Joliette, Canada*. *Frontiers in Ecology and Evolution*. Volume 9. Article 716611.

Tyrväinen, L., S. Pauleit, K. Seeland et S. De Vries. 2005. *Benefits and uses of urban forests and trees*, in *Urban Forests and Trees: A Reference Book*. Berlin: Springer. 81–114.

Ville de Saint-Félicien. 2020. *Politique de l'arbre*. 17 pages.

Violle, C., M.L. Navas, D. Vile, E. Kazakou, C. Fortunel, I. Hummel et collaborateurs. 2007. *Let the concept of trait be functional!* *Oikos* 116, 882–892.

Wood, S.L.R., Dupras, J., Delagrange, S., Voyer, A., Gélinas, N., Da Silva, L. 2018, *La valeur économique des services écosystémiques rendus par les arbres municipaux de la Ville de Québec*. Ouranos. 40 p. + annexes.

Ziter, C. D., E. J. Pedersen, C. J. Kucharik et M. G. Turner. 2019. *Scaledependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer*. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 116, 7575–7580.

ANNEXES

Annexe A – Abondances relatives des groupes fonctionnels

Selon un inventaire réalisé lors des étés 2023 et 2024, la répartition des arbres urbains félicinois dans les groupes fonctionnels est plutôt inéquitable. Certains groupes sont surreprésentés (1A et 4A) tandis que d'autres sont sous-représentés (1B, 2A et 4B).

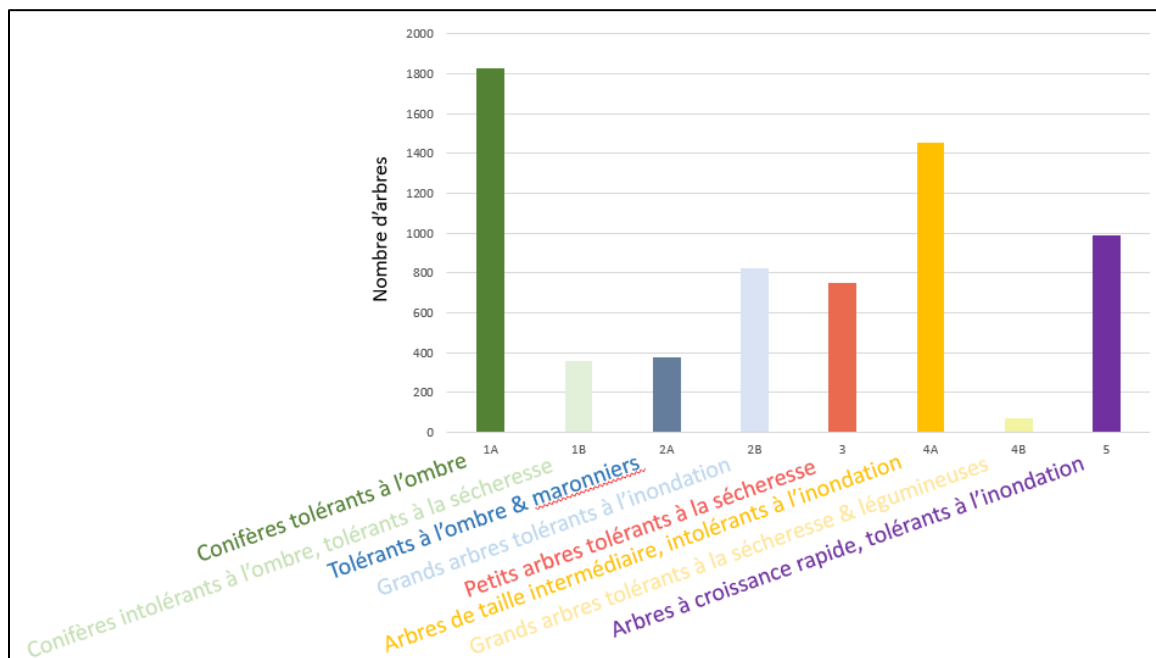


Figure A1. Histogramme présentant l'abondance relative des huit groupes fonctionnels qui ont été spécifiquement élaborés pour la Ville de Saint-Félicien (n = 6 638 arbres).

Annexe B – Effort d'échantillonnage

Au total, 6 638 arbres (5 746 privés, 892 publics) ont été échantillonnés sur des cadastres dont la superficie est de 1 402 669 m², soit environ 30 % de la superficie totale des zones tampons (4 657 649 m²). Ces zones tampons couvrent 49 % de l'aire contenue au sein du périmètre urbain (9 460 717 m²).



Figure B1. Effort d'échantillonnage, soit la superficie échantillonnée au sein des zones tampons.

Annexe C – Groupes fonctionnels spécifiques à Saint-Félicien

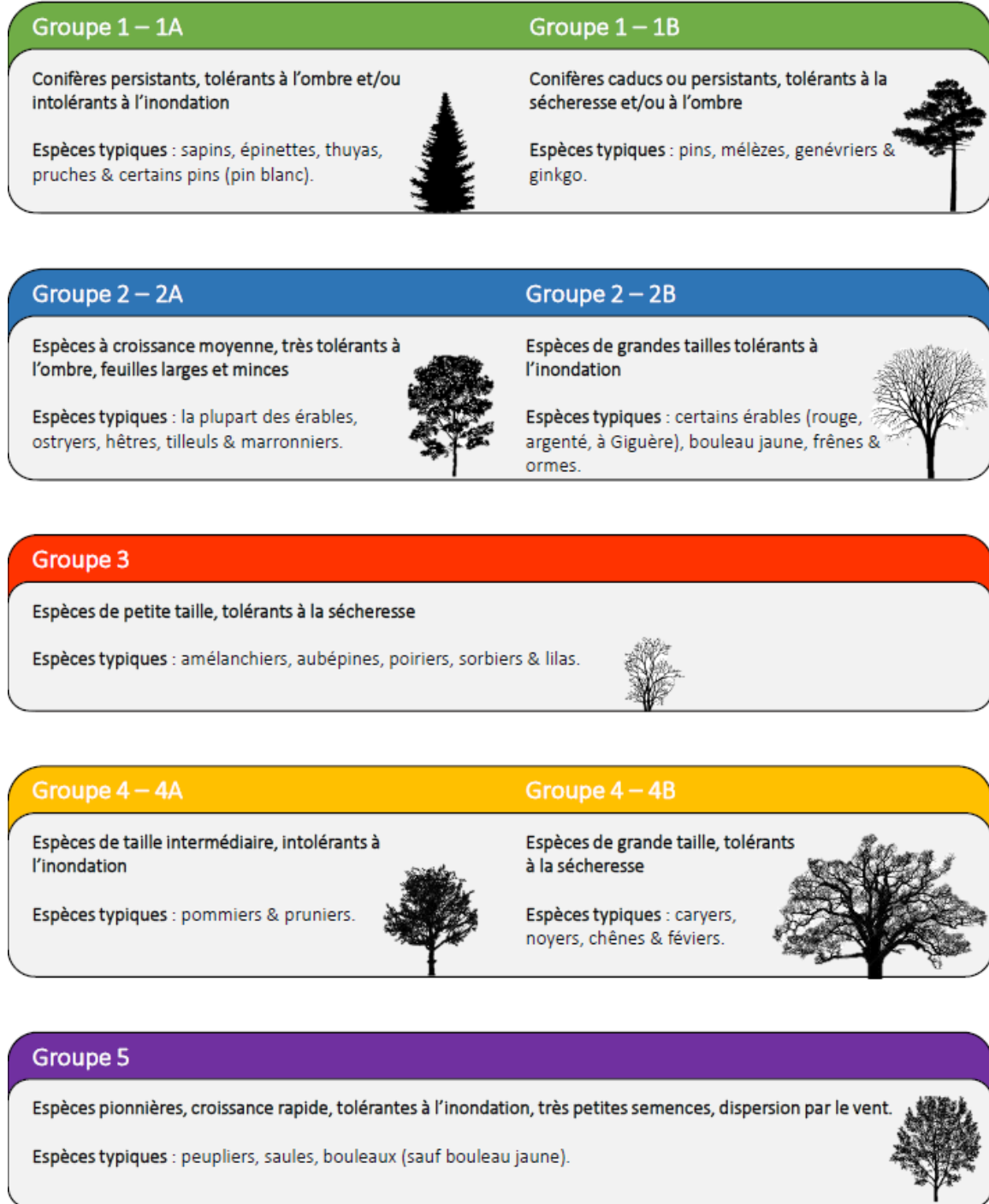
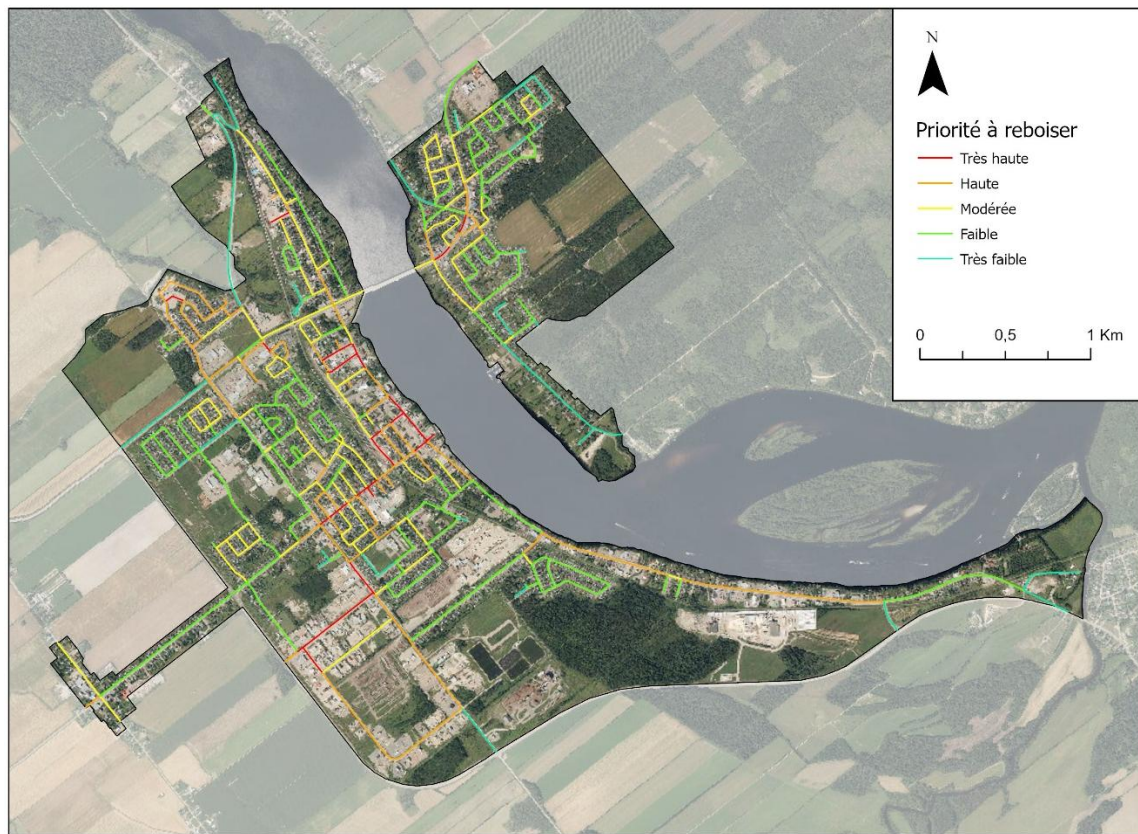


Figure C1. Illustration et description sommaire des huit groupes fonctionnels spécifiques à Saint-Félicien.

Annexe D – Analyse du couvert de végétation

La Figure D1 présente la carte de priorisation pour chaque segment routier de la ville de Saint-Félicien en regard à un unique indicateur : le pourcentage de recouvrement au sol de la végétation. Plus précisément, voici à quoi correspondent les classes de couvert végétal : priorité très haute (11,0 – 26,0 %) ; priorité haute (26,1 – 38,0 %) ; priorité modérée (38,1 – 47,0 %) ; priorité faible (47,1 – 58,0 %) et priorité très faible (58,1 – 85,0%). Les seuils naturels de Jenks ont été utilisé pour représenter ces classes dont la répartition est non uniforme, en conséquence, la largeur des classes ainsi que la fréquence des observations sont variables.

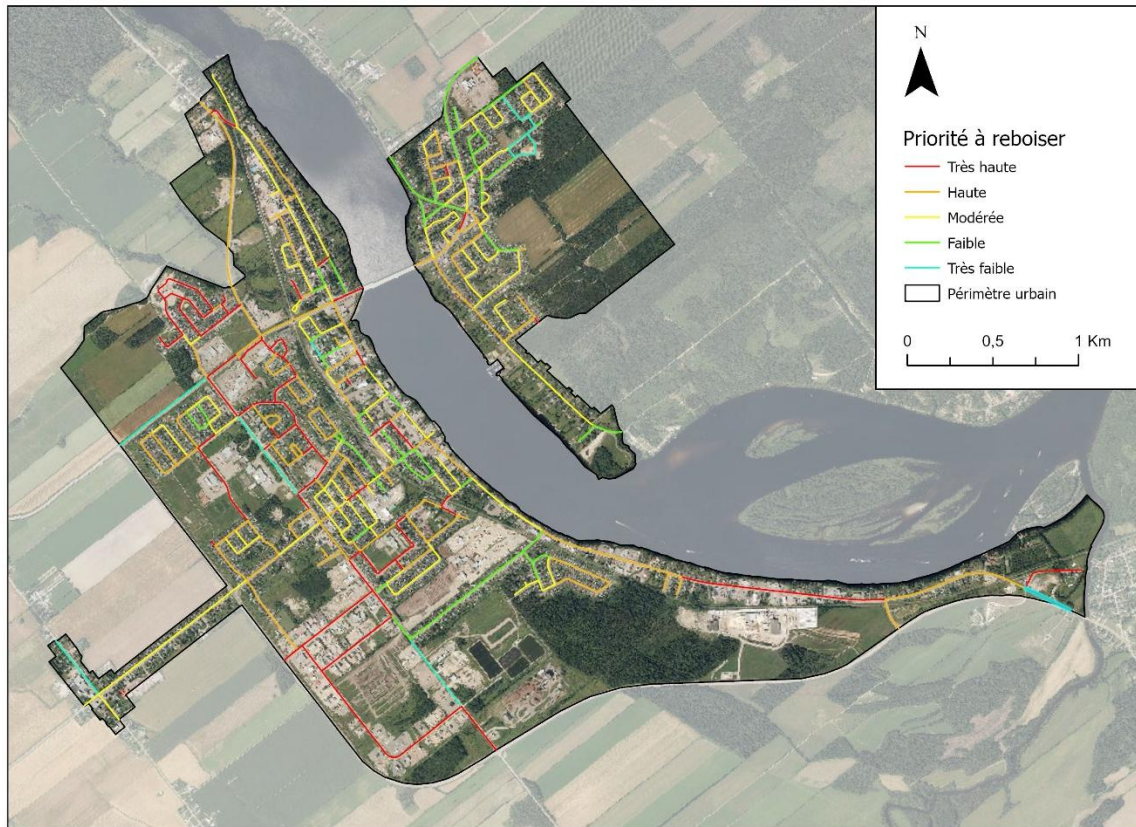


Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2024

Figure D1. Carte de priorisation du reboisement pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien présentant un scénario d'optimisation avec un unique indicateur : **le pourcentage de recouvrement au sol de la végétation**. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Annexe E – Analyse de la densité des arbres

La Figure E1 présente la carte de priorisation pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien en regard à un unique indicateur : la densité des arbres. Les classes de densité sont définies selon les valeurs maximales suivantes : priorité très haute (≤ 26) ; priorité haute (≤ 46) ; priorité modérée (≤ 70) ; priorité faible (≤ 106) et priorité très faible (≤ 160). Comme pour le couvert de végétation, les seuils naturels de Jenks ont été utilisés pour représenter ces classes.

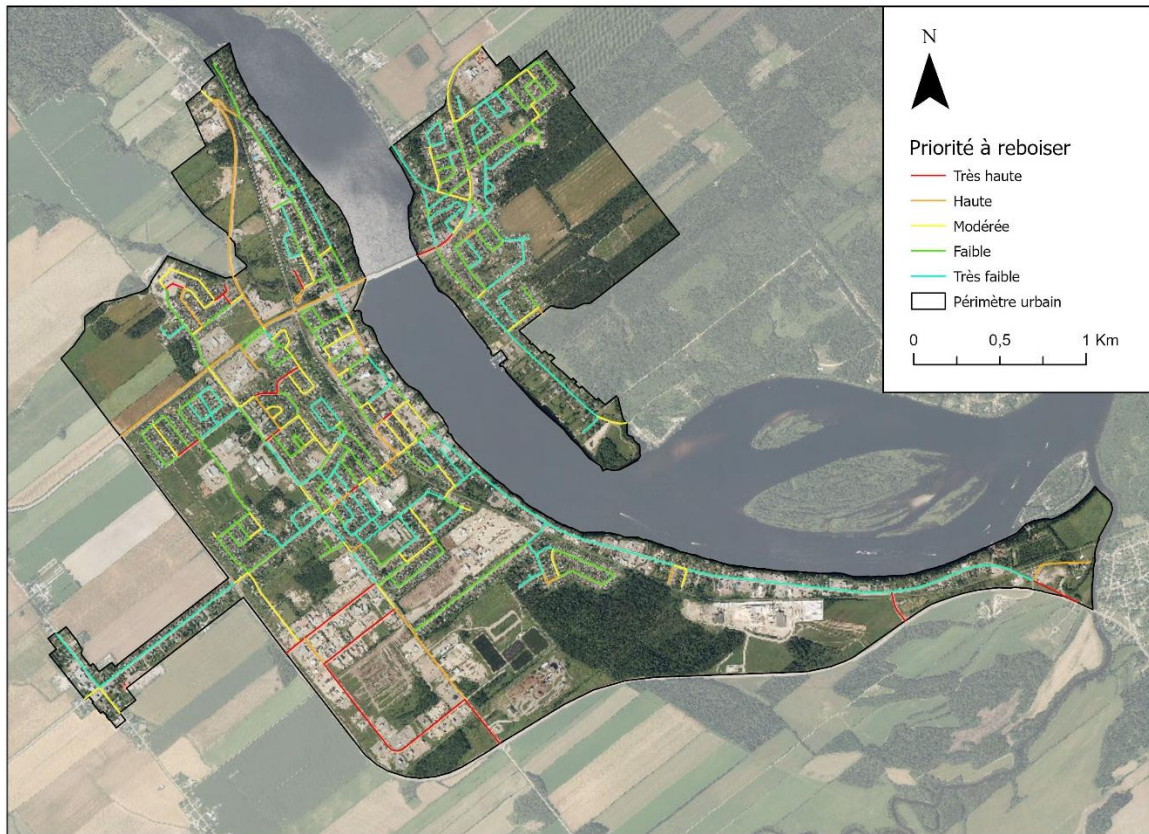


Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2025

Figure E1. Carte de priorisation du reboisement pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien présentant un scénario d'optimisation avec un unique indicateur : **la densité des arbres**. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Annexe F – Analyse de la diversité fonctionnelle des arbres

La Figure F1 présente la carte de priorisation pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien en regard à un unique indicateur : la diversité fonctionnelle des arbres. Les classes de diversité fonctionnelle, déterminées à l'aide des seuils naturels de Jenks, sont les suivantes : priorité très haute (0 – 2,075) ; priorité haute (2,076 – 3,389) ; priorité modérée (3,399 – 4,482) ; priorité faible (4,483 – 5,380) et priorité très faible (5,381 – 6,821).



Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2025

Figure F1. Carte de priorisation du reboisement pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien présentant un scénario d'optimisation avec un unique indicateur : **la diversité fonctionnelle des arbres**. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Annexe G – Analyse de la taille et l'âge des arbres

La Figure G1 présente la carte de priorisation pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien en regard à un unique indicateur : la taille des arbres. Les classes de priorisation, déterminées à l'aide des seuils naturels de Jenks, sont les suivantes : priorité très haute ($\leq 1,066$) ; priorité haute ($\leq 0,694$) ; priorité modérée ($\leq 0,537$) ; priorité faible ($\leq 0,412$) et priorité très faible ($\leq 0,246$).

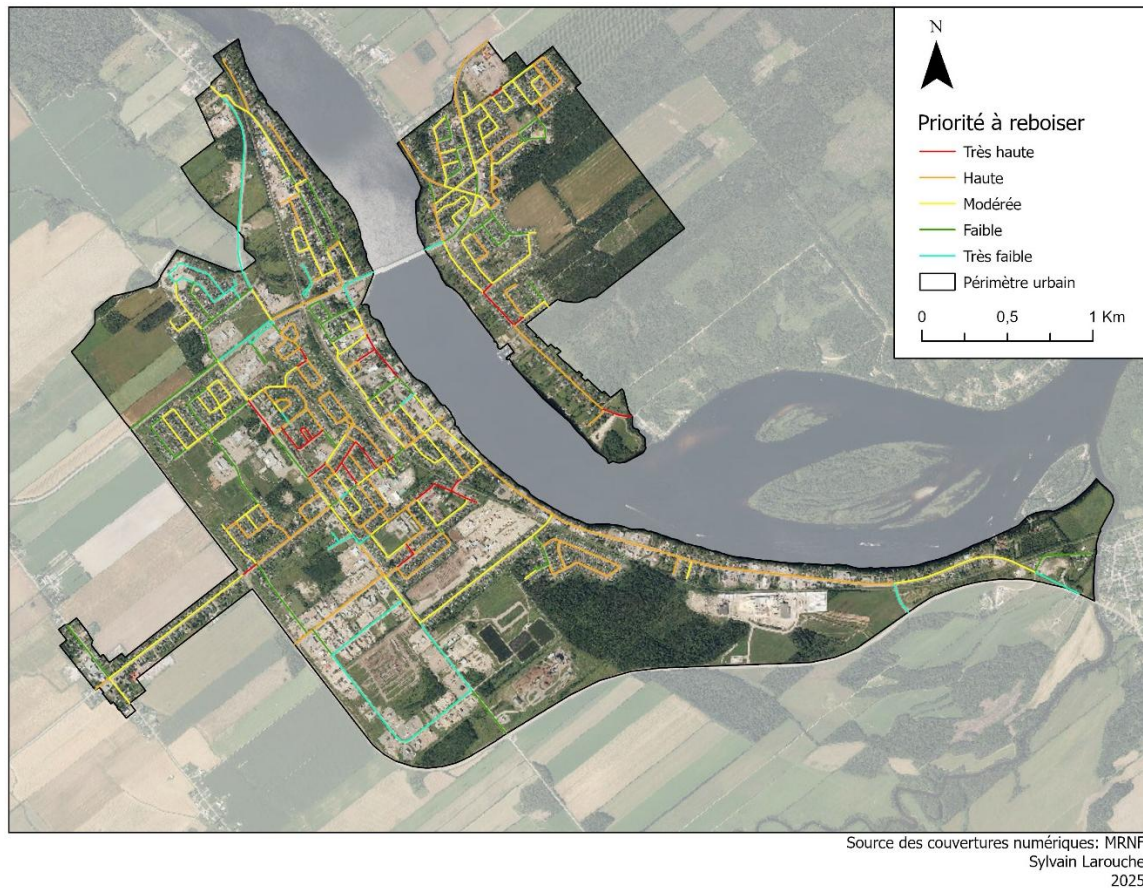
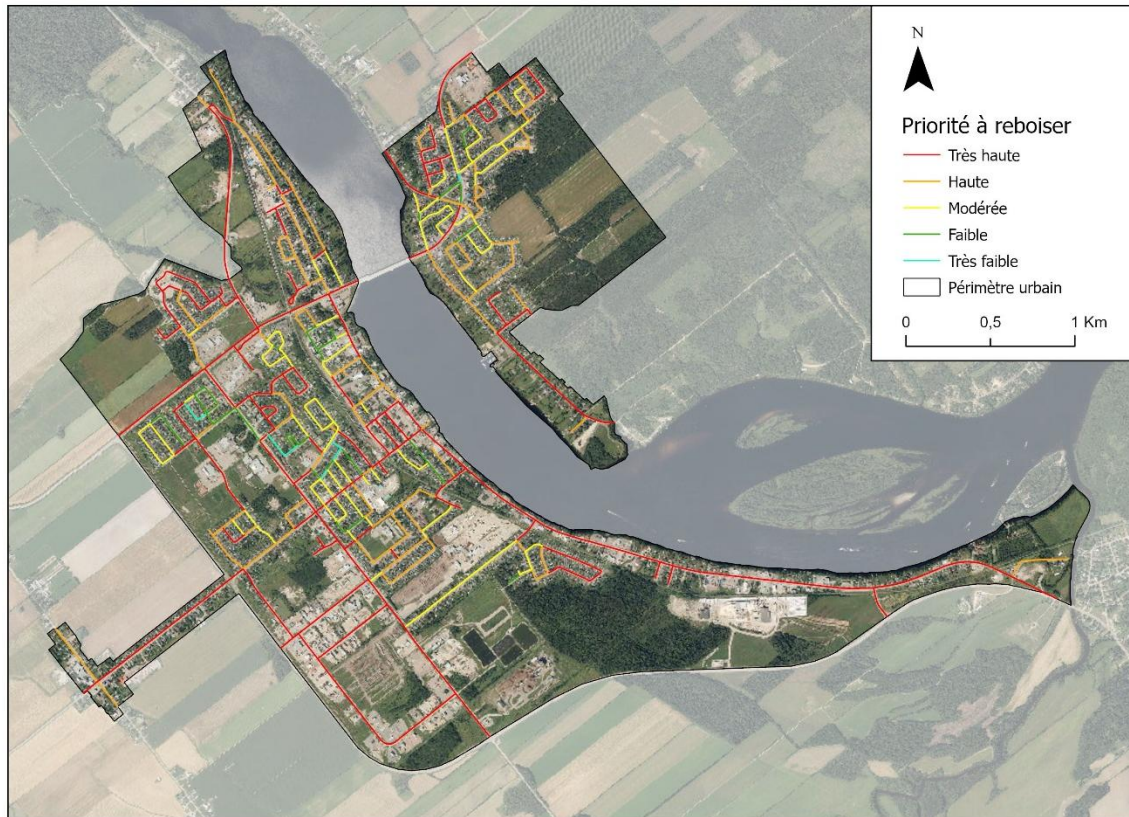


Figure G1. Carte de priorisation du reboisement pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien présentant un scénario d'optimisation avec un unique indicateur : **la taille et l'âge des arbres**. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Annexe H – Analyse de la canopée nourricière

La Figure H1 présente la carte de priorisation pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien en regard à un unique indicateur : l'indice de canopée nourricière. Les classes de priorisation, définies selon les seuils naturels de Jenks, sont les suivantes : priorité très haute ($\leq 0,33\%$) ; priorité haute ($\leq 0,84\%$) ; priorité modérée ($\leq 1,51\%$) ; priorité faible ($\leq 2,48\%$) et priorité très faible ($\leq 4,36\%$).

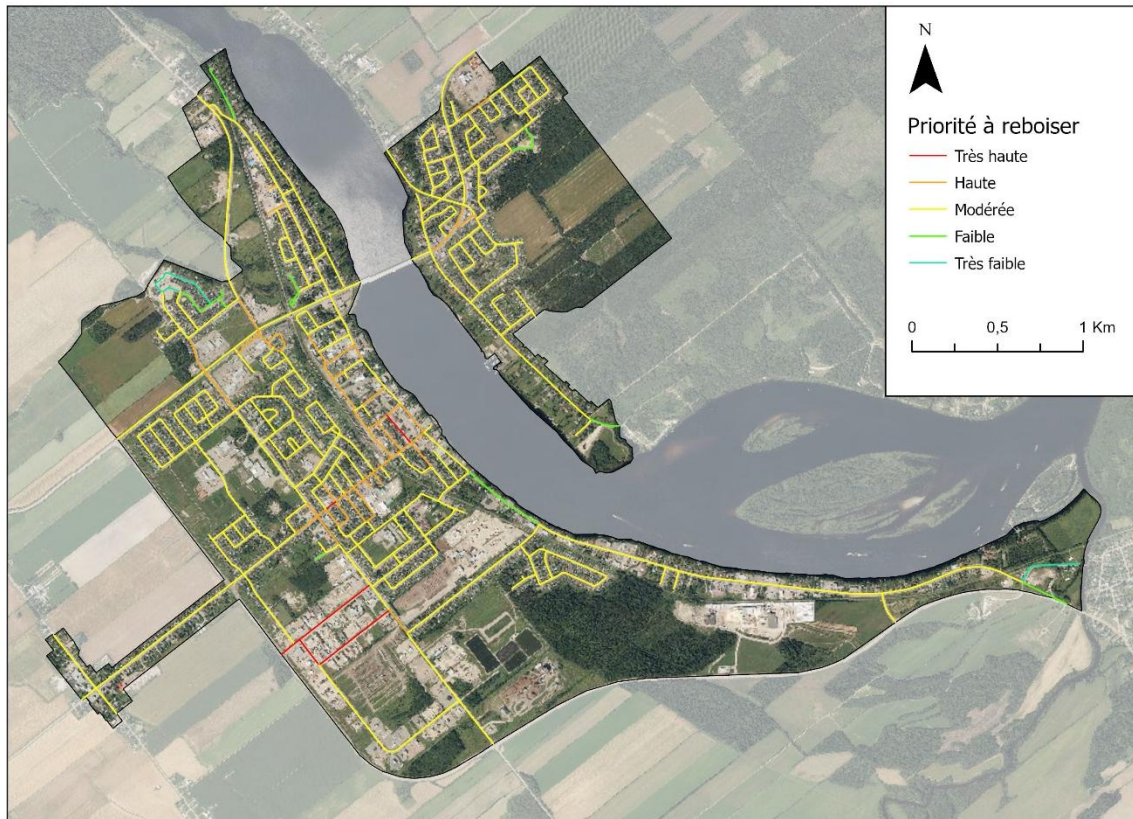


Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2025

Figure H1. Carte de priorisation du reboisement pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien présentant un scénario d'optimisation avec un unique indicateur : **le couvert de canopée nourricière**. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Annexe I – Analyse des températures de surface

La Figure I1 présente la carte de priorisation pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien en regard à un unique indicateur : les températures de surface. Les classes de priorisation sont les suivantes : priorité très haute (Très chaud, îlot de chaleur) ; priorité haute (Chaud, îlot de chaleur) ; priorité modérée (Température moyenne) ; priorité faible (Frais, îlot de fraîcheur) et priorité très faible (Très frais, îlot de fraîcheur).



Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2024

Figure I1. Carte de priorisation du reboisement pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien présentant un scénario d'optimisation avec un unique indicateur : **les températures de surface**. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Annexe J – Analyse de la défavorisation sociale et matérielle

La Figure J1 présente la carte de priorisation pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien en regard à un unique indicateur : l'index de défavorisation sociale et matérielle. Les segments ont été classés en quintiles, où les segments les plus défavorisés sont considérés comme prioritaires pour le reboisement. Les seuils naturels de Jenks ont été utilisés pour déterminer les classes de priorisation.

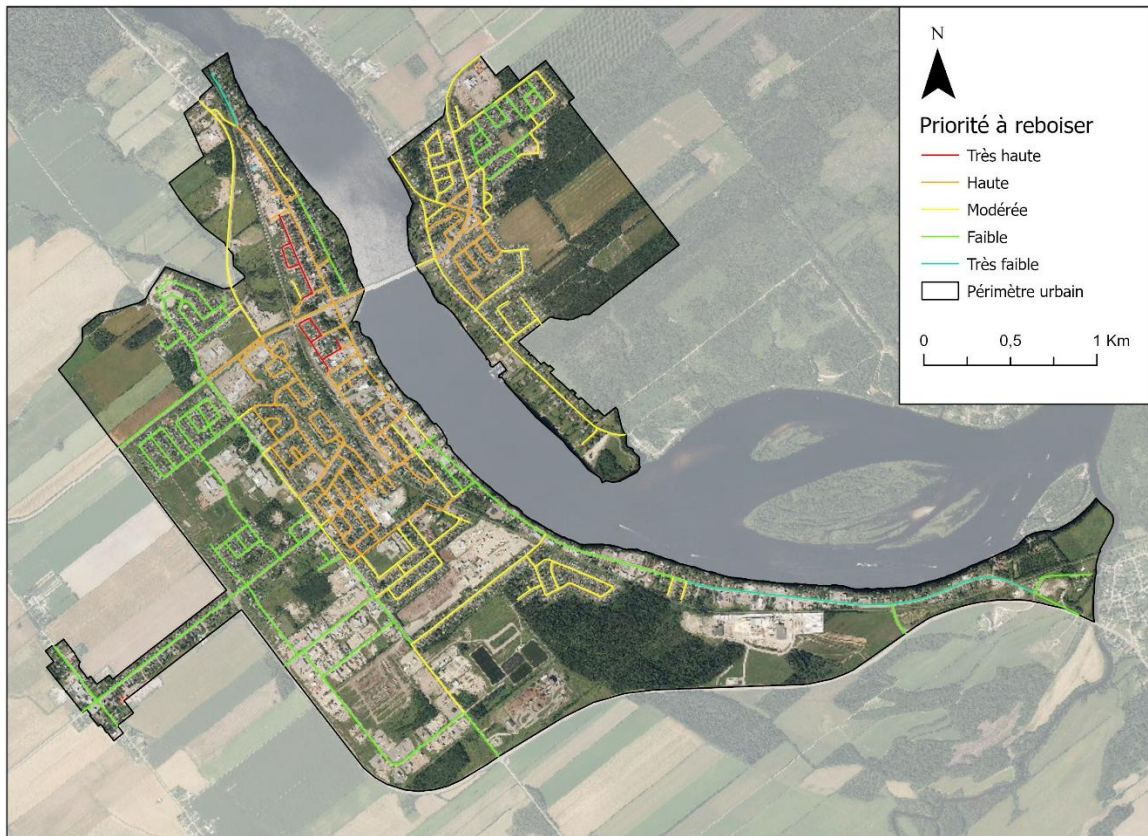
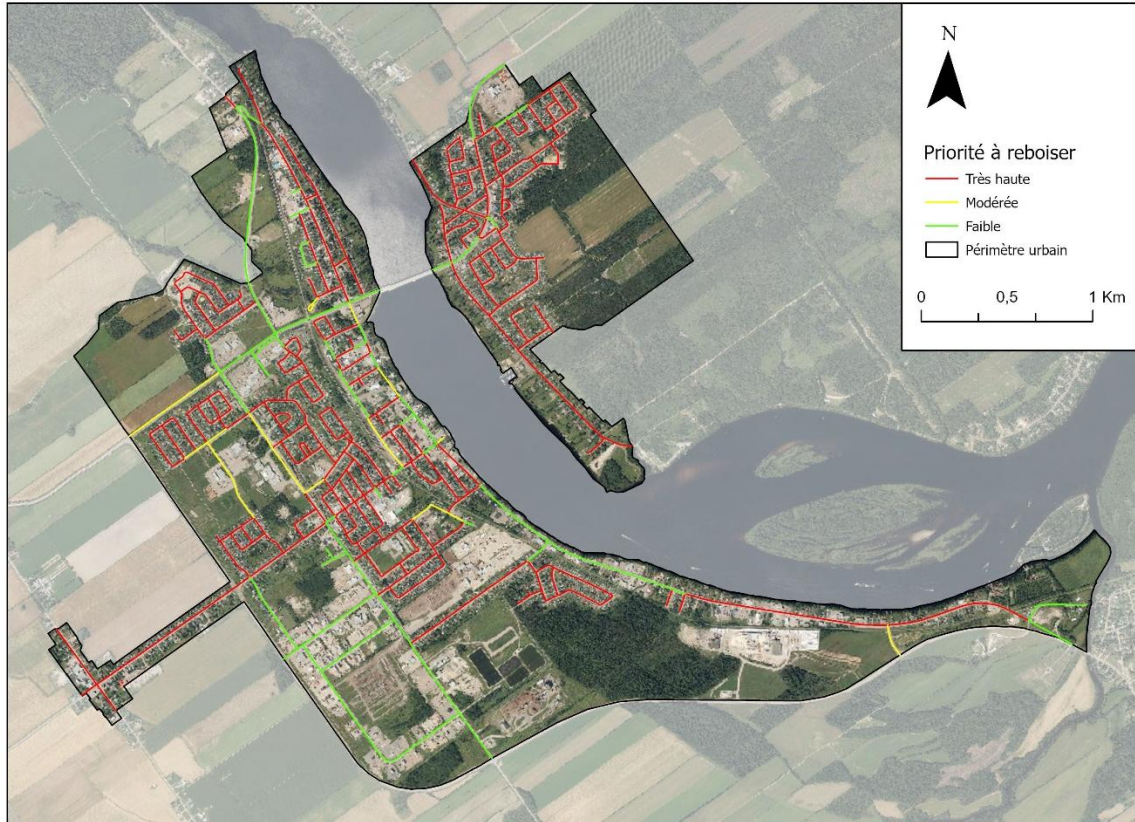


Figure J1. Carte de priorisation du reboisement pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien présentant un scénario d'optimisation avec un unique indicateur : l'**index de défavorisation matérielle et sociale**. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Annexe K – Analyse du type d'utilisation du territoire

La Figure K1 présente la carte de priorisation pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien en regard à un unique indicateur : le type d'utilisation du territoire.

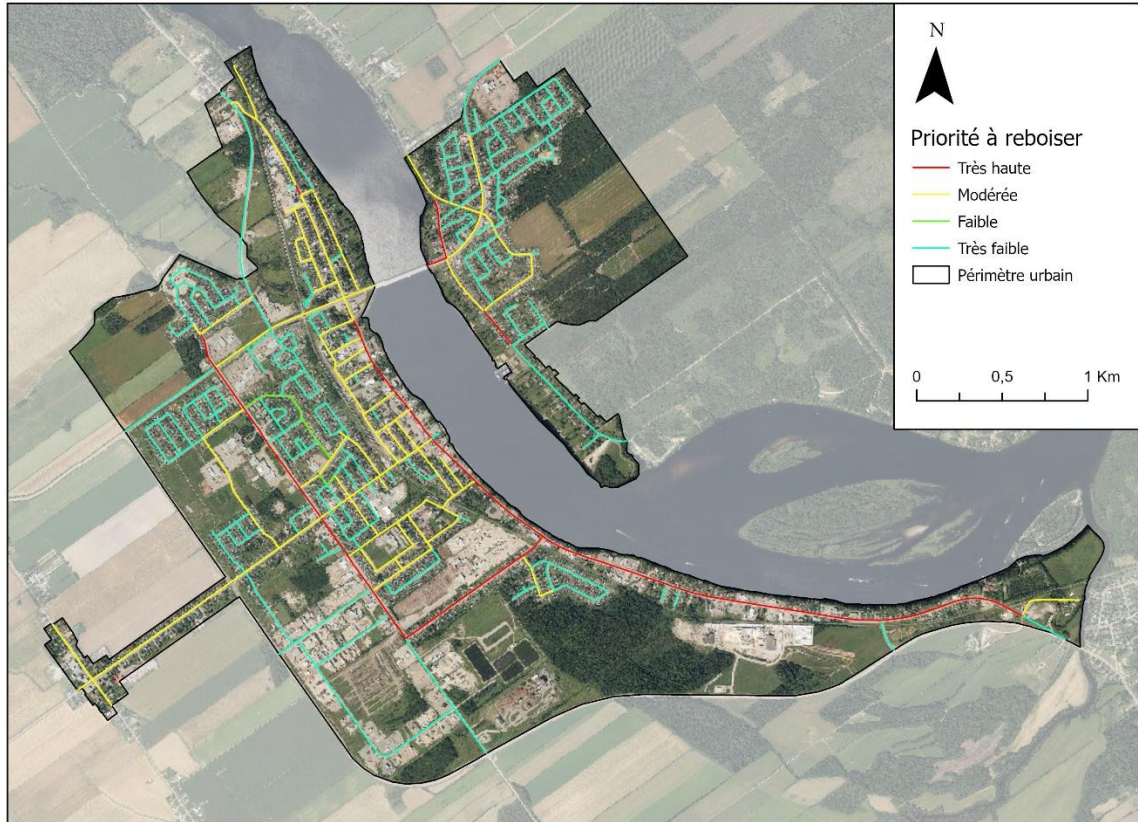


Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2025

Figure K1. Carte de priorisation du reboisement pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien présentant un scénario d'optimisation avec un unique indicateur : **le type d'utilisation du territoire**. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

Annexe L – Analyse du potentiel pour le transport actif

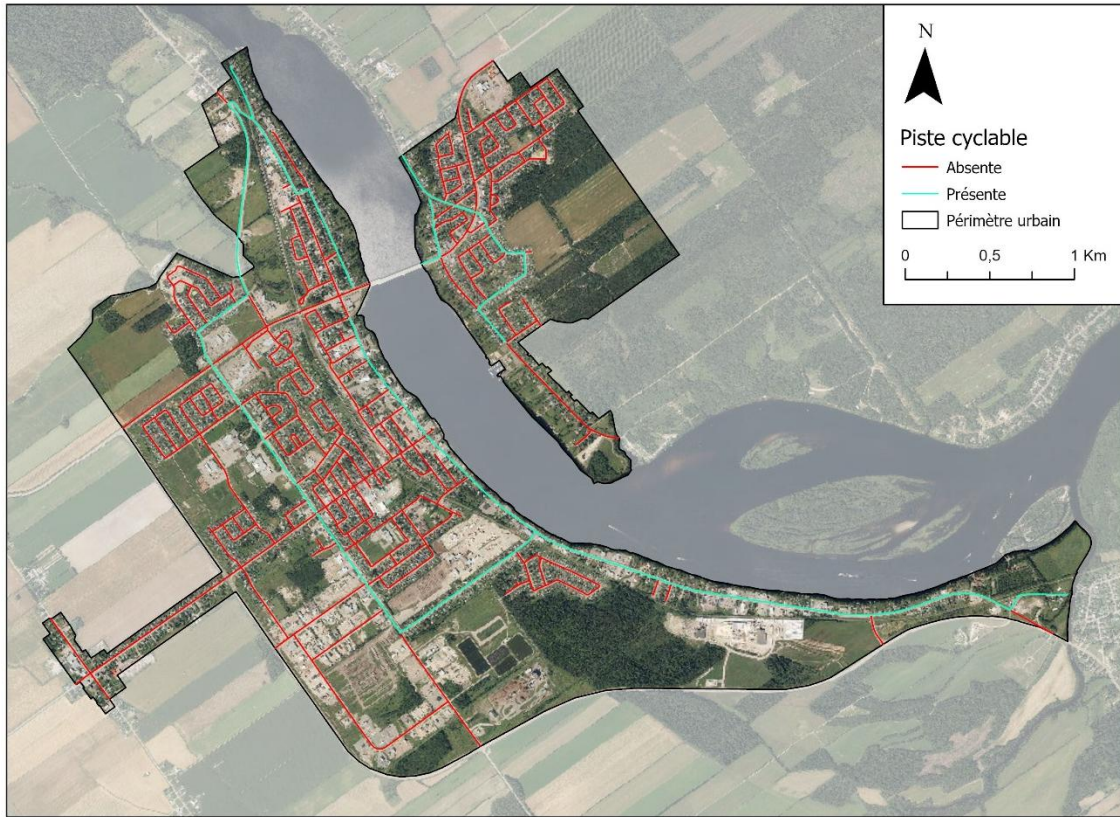
La Figure L1 présente la carte de priorisation pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien en regard à un unique indicateur : le potentiel pour le transport actif.



Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2025

Figure L1. Carte de priorisation du reboisement pour chaque segment routier de la Ville de Saint-Félicien présentant un scénario d'optimisation avec un unique indicateur : **le potentiel pour le transport actif**. Les segments en rouge devraient être reboisés prioritairement.

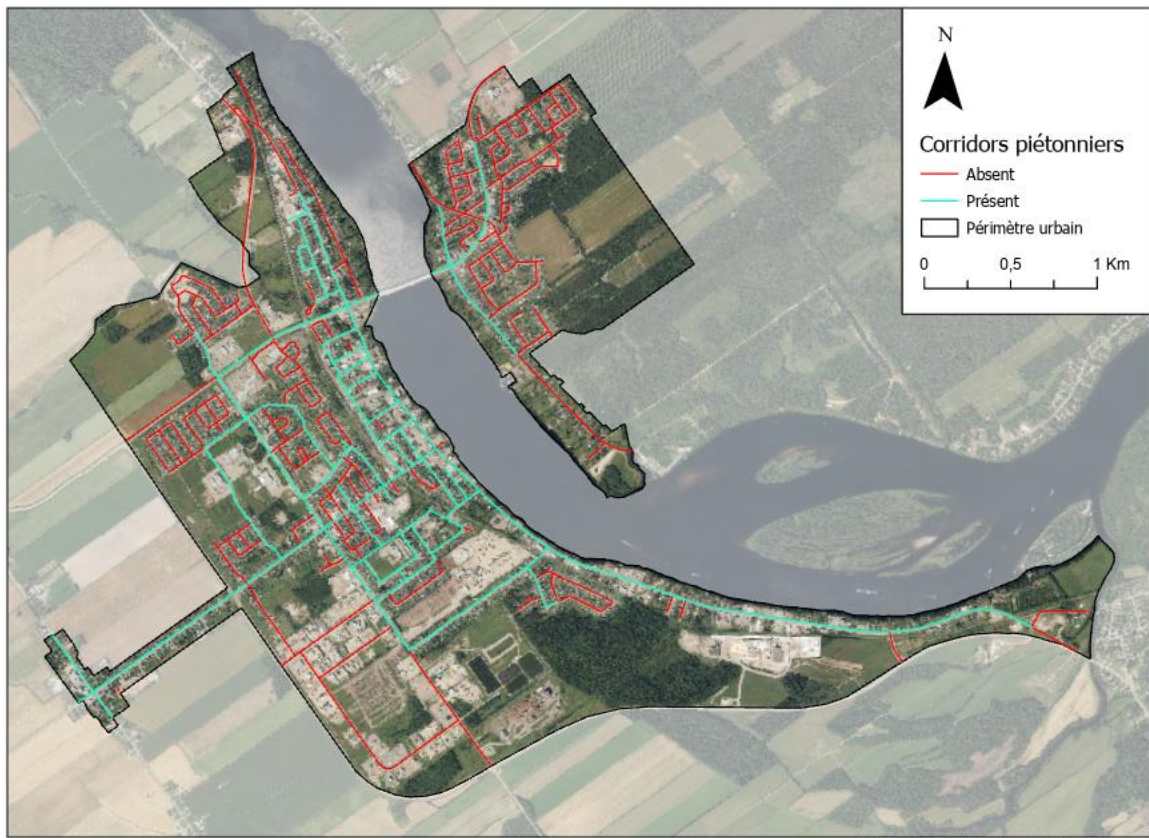
La Figure L2 présente séparément, en turquoise, le réseau de pistes cyclables à Saint-Félicien.



Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2025

Figure L2. Carte présentant le réseau de pistes cyclables à Saint-Félicien.

La Figure L3 présente séparément, en turquoise, le réseau de trottoirs et de corridors scolaire à Saint-Félicien.



Source des couvertures numériques: MRNF
Sylvain Larouche
2025

Figure L3. Carte présentant le réseau de trottoirs et de corridors piétonniers à Saint-Félicien.

Annexe M – Délimitation de territoire d'étude et du périmètre urbain



Figure M1. Délimitation du périmètre urbain, des cadastres échantillonnés et non échantillonnés puis des boisés hors cadastres



CÉGEP
de St-Félicien

