Département de géomatique appliquée
Faculté des lettres et sciences humaines
Université de Sherbrooke

Yanis Sekour

Analyse de la structure de la forêt urbaine et développement d'un outil d'aide à la décision afin de valoriser les arbres dans le milieu urbain : Cas de la ville de Sherbrooke, Québec, Canada.

Essai présenté pour l'obtention du grade de Maître ès sciences géographiques (M.Sc.),
Cheminement de type cours en géomatique appliquée et télédétection.

Février 2025

© Yanis Sekour, 2025

Directeurs de l'essai :

Analyse de la structure de la forêt urbaine et développement d'un outil d'aide à la décision afin de valoriser les arbres dans le milieu urbain :
Cas de la ville de Sherbrooke, Québec, Canada.

Présenté par : Yanis Sekour

Cet essai a été évalué par :

Yacine Bouroubi, Directeur
(Département de géomatique appliquée, Faculté des lettres et sciences humaines, Université De Sherbrooke)

Mickaël Germain, Co-Directeur
(Département de géomatique appliquée, Faculté des lettres et sciences humaines, Université De Sherbrooke)

Elisabeth Levac, Co-Directrice
(Département d'agriculture et de géographie, Faculté de l'environnement, Université Bishop's)

Richard Fournier, Évaluateur
(Département de géomatique appliquée, Faculté des lettres et sciences humaines, Université De Sherbrooke)

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à mes co-directeurs, Yacine Bouroubi, Elisabeth Levac et Mickaël Germain, pour leur disponibilité, leur flexibilité et leur soutien tout au long de ce projet. Leur encadrement, leurs conseils avisés et leur patience m'ont permis d'avancer avec confiance et rigueur dans cette exercice. Je souhaite également adresser mes remerciements à Richard Fournier, dont l'évaluation de ce travail a permis de mettre en lumière différents points d'amélioration et d'enrichir la réflexion.

Je remercie également ma famille, dont le soutien indéfectible m'a été d'une aide précieuse durant cette période. Votre présence, vos encouragements et votre confiance ont été des piliers essentiels dans l'accomplissement de cet essai.

Un immense merci à mes amis pour leur bienveillance et leurs encouragements. Vos échanges, vos conseils et votre présence ont rendu ce parcours bien plus enrichissant et motivant.

Enfin, à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, je vous adresse ma sincère reconnaissance.

Table des matières

Table des matières ... iii
Liste des tableaux ... v
Liste des figures ... vi
Liste des annexes ... vii
Sigles et abréviations ... viii
1 Introduction ... 1
1.1 Mise en contexte ... 1
1.2 Problématique ... 2
1.3 Objectifs ... 3
2 Cadre théorique ... 4
2.1 Définition des concepts ... 5
2.2 Historique de l'arbre en ville au Canada ... 6
2.3 Arbre urbain : contexte réglementaire ... 7
2.4 Importance des arbres en milieu urbain : fonctions et services ... 9
2.4.1 Ombrage ... 9
2.4.2 Qualité de l'air et filtration de polluants ... 10
2.4.3 Réduction des ilots de chaleurs urbains ... 11
2.4.4 Régulation des eaux pluviales et préservation des ressources hydriques ... 12
2.4.5 Effets bénéfiques sur la santé physique et mentale des citoyens ... 13
2.4.6 Influence sur l'esthétique et le design des espaces urbains ... 14
2.5 Analyse et comparaison des arbres urbains du sud du Québec ... 15
2.5.1 Espèces dominantes d'arbre urbains du Québec méridional ... 15
2.5.2 Comparaison des avantages et inconvénients des espèces d'arbres urbains communes ... 17
2.6 Bonnes pratiques sur la plantation des arbres urbains ... 18
2.7 Géomatique et foresterie urbaine ... 20
2.7.1 Usage et applications des SIG dans le domaine de la foresterie urbaine ... 21
2.7.2 Architecture et fonctionnement d'un SIG web ... 22
2.7.3 Les outils de cartographie web ... 29
2.7.4 Bilan du point « Géomatique et foresterie » ... 32

3 Matériels et méthodes 33
3.1 Site d'étude 33
3.2 Données 36
3.3 Méthodologie 38
3.3.1 Revue de littérature 39
3.3.2 Préparation et traitement des données d'inventaire principal 40
3.3.3 Analyse quantitative et caractérisation de la forêt urbaine 40
3.3.4 Développement de l'interface cartographique interactive 42
4 Résultats 43
4.1 Contribution de la littérature à l'analyse de la forêt urbaine 43
4.2 Analyse de la structure et de la distribution des arbres de l'inventaire principal 44
4.2.1 Vue d'ensemble 44
4.2.2 Analyse par zone 46
4.3 Création de cartes web avec d'ArcGIS Online 56
4.4 Création du tableau de bord à partir d'ArcGIS Online 58
4.4.1 L'utilisation des cartes avec les données 58
4.4.2 Les éléments infographiques 59
4.4.3 Les indicateurs numériques 60
5 Discussions 62
5.1 Interprétation et discussion des résultats 62
5.2 Atteinte des objectifs du projet 66
5.3 Limites du projet 67
5.4 Poursuite du projet et perspectives 67
6 Conclusion 69
Références 71
Annexes 83

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des bases de données SQL et NoSQL. 24
Tableau 2 : Avantages et inconvénients des serveurs cartographiques. 25
Tableau 3 : Avantages et inconvénients des serveurs web. 26
Tableau 4 : Avantages et inconvénients des principales API cartographies..... 27
Tableau 5 : Avantages et inconvénients des principales API graphiques..... 28
Tableau 6 : Synthèse des différents services web, leurs formats et les requêtes principales..... 29
Tableau 7 : Avantages et inconvénients des principales interfaces logicielles SIG. 30
Tableau 8 : Avantages et inconvénients des principales interfaces logicielles web. 31
Tableau 9 : Aide à la décision de la solution choisie. 33
Tableau 10 : Données utilisées dans le cadre de l'essai..... 38
Tableau 11 : Grille des indices et données utilisés dans l'analyse quantitative..... 41
Tableau 12 : Indices et données permettant l'analyse quantitative..... 44
Tableau 13 : Grille de répartition du DHP des arbres présents dans l'inventaire ciblé du projet. 45
Tableau 14 : Les genres les plus abondants dans la zone 1. 49
Tableau 15 : Les genres les plus abondants dans la zone 2. 52
Tableau 16 : Les genres les plus abondants dans la zone 3. 56

Liste des figures

Figure 1 : Composantes détaillées d'un SIG web (inspiré par Germain, 2021 ; Laury et Saysanasy, 2012). 22
Figure 2 : Carte illustrant la localisation et le portrait général de la ville de Sherbrooke. 34
Figure 3 : Carte illustrant les îlots de chaleurs et les îlots de fraîcheurs de la ville de Sherbrooke. 35
Figure 4 : Carte illustrant le portrait écoforestier de la ville de Sherbrooke et les zones cibles dans l'étude. 36
Figure 5 : Diagramme méthodologue du projet. 39
Figure 6 : Distribution des arbres de l'inventaire de la zone 1 par type. 47
Figure 7 : Distribution des arbres de l'inventaire de la zone 1 par statut. 48
Figure 8 : Distribution des arbres de l'inventaire de la zone 1 par genre. 49
Figure 9 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 2 par type. 50
Figure 10 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 2 par statut. 51
Figure 11 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 2 par statut. 52
Figure 12 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 3 par type. 54
Figure 13 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 3 par statut. 55
Figure 14 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone3 par genre. 56
Figure 15 : Maquette de conception du tableau de bord. 58
Figure 16 : Fonctions de base ajoutée à la cartographie. 59
Figure 17 : Indicateurs infographiques ajoutés dans le tableau de bord. 60
Figure 18 : Indicateurs numériques ajoutés à la cartographie. 61
Figure 19 : Aspect final de l'interface. 61
Figure 20 : Emplacement stratégique des arbre feuillus et conifères pour réduire la consommation d'énergie (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2024b). 63
Figure 21 : Services rendu par les conifères versus les feuillus (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2024b). 64
Figure 22 : Variation du stock de carbone selon le déploiement des arbres (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2024b). 65

Liste des annexes

Annexe A : Carte des zones de végétation et des domaines bioclimatiques. 83
Annexe B : Nombre d'espèce au Québec (inspiré de Williams M.D, 2008). 84
Annexe C : Tableau détaillé des arbres de l'inventaire 96

Sigles et abréviations

API: de l'anglais Application Programming Interface – Interface de programmation (web)

BD: Base de Données

BI: de l'anglais business intelligence

CSV: de l'anglais Comma Separated Values

FME: de l'anglais Feature Manipulation Engine

SGBD: Système de Gestion de Bases de Données

GPS: Global Positioning System

SIG web: système d'information géographique avec une communication via Internet

SIG: Système d'information géographique.

SQL: Structured Query Langage

NoSQL: Not Only SQL

web: de l'anglais World Wide Web

XML: de l'anglais eXtensible Markup Language

GeoTIFF: Georeferenced Tagged Image File Format

NetCDF: Network Common Data Form

HDF: Hierarchical Data Format

JPEG: Joint Photographic Experts Group

PNG: Portable Network Graphics

GIF: Graphics Interchange Format

SVG: Scalable Vector Graphics

TIFF: Tagged Image File Format

JSON : JavaScript Object Notation

MHO: Maladie Hollandaise des Ormes

ICU: Ilots de chaleurs urbain

UV: Rayons ultraviolets

Lidar: Light Detection and Ranging

OGC: Open geospatial Consortium

WMS: Web Map Service

WFS: Web Feature Service

WCS: Web Coverage Service

WPS: Web Process Service

GML: Geography Markup Language

HTTP: HyperText Transfer Protocol

TIFF: Tagged Image File Format

NetCDF: Network Common Data Form

HDF: Hierarchical Data Format

SO_2: Dioxyde de soufre

CO_2: Dioxyde de carbone

O_3: Ozone

PM2.5: Particules fines de diamètre ≤ 2,5 µm

NOx: Oxydes d'azote

DHP: Diamètre à hauteur de poitrine

LAU: Lois sur l'Aménagement et l'Urbanisme

SHP: Shapefile

MRNF: Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

CERFO : Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc

1 Introduction

1.1 Mise en contexte

En Amérique du Nord, le taux d'urbanisation est déjà très élevé. Selon Statistique Canada, en 2021, 73,7% des canadiens vivaient dans l'un des grands centres urbains du Canada, en hausse par rapport au taux de 73,2% enregistré en 2016 (Statistique Canada, 2022). Étant donné que cette tendance à l'urbanisation se poursuit, avec une croissance continue de la population urbaine, comprendre les fonctions et les services écosystémiques que fournit la biodiversité urbaine a des implications importantes pour la santé et le bien-être humains (United Nations, 2019).

Cette dynamique fait de la ville un élément clé pour un avenir durable (Sousa-Silva *et al.*, 2023), et l'un des composants fondamentaux de la résilience urbaine face aux défis environnementaux est l'arbre. Les avantages environnementaux des arbres dans les paysages urbains sont nombreux et bien établis dans la littérature sur la foresterie urbaine (Bowie *et al.*, 2014 ; Cicea et Pîrlogea, 2011 ; Eyster et Beckage, 2022 ; Jennings *et al.*, 2017). Les arbres ont un rôle important dans les activités de prévention contre la chaleur puisqu'ils font de l'ombre, réduisant ainsi l'exposition à la chaleur et les coûts énergétiques (Huang *et al.*, 2011), améliorent la qualité de l'air en absorbant les polluants atmosphériques (Markevych *et al.*, 2017), et favorisent la santé physique et mentale des habitants en offrant des espaces naturels propices à la détente et à l'activité physique (Park *et al.*, 2010a). Les arbres jouent aussi un rôle esthétique et écologique en soutenant la biodiversité et en renforçant le sentiment d'appartenance à un lieu (Ulrich, 1984). La présence de canopées urbaines et de corridors verts est ainsi largement reconnue pour son impact positif sur la qualité de vie en ville, surtout dans les zones denses et fortement anthropisées (Parisi *et al.*, 2000b).

Les arbres, dans les espaces verts urbains tels que les parcs, les espaces naturels, les terrains institutionnels, les cours privées, les emprises des rues et les terrains vacants, forment la forêt urbaine (Larouche *et al.*, 2019), qui constitue une stratégie efficace pour atténuer le réchauffement climatique (Wang *et al.*, 2019). Bien que dans une échelle mondiale et locale, les villes reconnaissent le potentiel de refroidissement des forêts urbaines (Eyster et Beckage, 2022 ; Georgi et Zafiriadis, 2006 ; Helletsgruber *et al.*, 2020 ; Schwaab *et al.*, 2021), les espèces d'arbres quant à elles, varient considérablement dans leurs caractéristiques, influençant leur capacité à réduire le

réchauffement urbain. Disposer d'informations précises sur les arbres en milieu urbain, ainsi que sur leur contribution à la santé physique et mentale est crucial. Par ailleurs, diversifier les espèces d'arbres constitue une démarche essentielle pour renforcer la résilience de la canopée urbaine et maximiser les bénéfices qu'elle apporte à la population et à l'environnement.

Cette étude présente une parcelle de recherche sur la forêt urbaine à une échelle locale établie à Sherbrooke, regroupant 1806 arbres situés dans trois zones cibles, représentant 107 espèces et 43 genres, comportant des informations telles que le diamètre de la tige à hauteur de poitrine, la hauteur de l'arbre et d'autres caractéristiques. Ces informations feront l'objet d'une analyse comparative et seront mises en valeurs et communiquées au public via une carte interactive, accompagnées de photos et de fiches d'informations. Pour réaliser ce travail, une revue de littérature a été effectuée afin de définir le concept d'arbre urbain et de forêt urbaine, d'identifier les bienfaits qu'apporte l'arbre dans le milieu urbain et de réaliser une analyse comparative entre les caractéristiques des arbres présents dans l'inventaire réalisé dans le cadre de ce projet.

1.2 Problématique

Les forêts urbaines, reconnues pour leurs nombreux bienfaits pour la société, jouent un rôle croissant dans le contexte des changements climatiques. Toutefois, elles font face à des menaces telles que l'augmentation des températures, la pollution et une vulnérabilité accrue aux invasions de ravageurs (Khanal et Straka, 2021). Pour quantifier et préserver leurs bénéfices, il est essentiel de disposer d'une compréhension détaillée de leur structure et de leur diversité.

En effet, les forêts urbaines peuvent abriter une grande diversité d'espèces d'arbres, mais cette diversité est souvent inégalement répartie, certaines espèces dominant largement le paysage (Paquette *et al.*, 2021 ; Sjöman *et al.*, 2012). Par exemple, il est courant de planter des alignements d'arbres de la même espèce dans les rues ou les parcs pour une esthétique visuelle uniforme. Cependant, cette pratique accentue la vulnérabilité de ces espèces aux ravageurs et aux maladies, entraînant des pertes importantes (Raupp *et al.*, 2006). Diversifier les espèces d'arbres est donc crucial pour renforcer la résilience des écosystèmes urbains.

Au Québec, la caractérisation du couvert forestier urbain, de ses bénéfices ainsi que des phénomènes qui l'impactent dans un contexte de réchauffement climatique, s'est principalement appuyée sur des outils de télédétection tels que l'imagerie satellite et les relevés LiDAR (Côté *et*

al., 2012 ; Kiani *et al.*, 2023 ; Miraglio *et al.*, 2023 ; Wang et Akbari, 2016 ; Zhao *et al.*, 2021), permettant d'évaluer la répartition spatiale et l'étendue des arbres en milieu urbain. Cependant, ces méthodes présentent des limites dans la reconnaissance des espèces ou dans l'évaluation précise des caractéristiques physiques des arbres. Les données obtenues sont souvent généralisées et ne permettent pas d'avoir une vue fine des caractéristiques individuelles des arbres, comme le diamètre de la tige à 1,3 mètre du sol, la hauteur de l'arbre ou l'état sanitaire.

Dans ce contexte, cette étude se distingue par l'analyse d'un inventaire détaillé de 1806 arbres urbains réalisé à Sherbrooke durant l'été 2024. Cet inventaire, une première pour la région, fournit des données précises sur les caractéristiques individuelles des arbres, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour leur gestion et leur valorisation.

Les questions principales qui orientent cette recherche sont les suivantes :

- Comment les données issues de cet inventaire peuvent-elles être intégrées dans une cartographie interactive pour sensibiliser les citoyens et orienter les décideurs dans la gestion des forêts urbaines ?
- Comment les caractéristiques physiques des arbres urbains, telles que le DHP, le statut, et le type, varient-elles selon les espèces présentes dans l'inventaire ?

En apportant des réponses à ces questions, cette étude vise à poser les bases d'une meilleure gestion des forêts urbaines à Sherbrooke, tout en proposant un outil interactif convivial pour la sensibilisation et la prise de décision.

1.3 Objectifs

Dans le contexte des défis posés par le réchauffement climatique, tels que les îlots de chaleur, la pollution atmosphérique et la perte de biodiversité, ce projet vise à documenter et valoriser la canopée urbaine de Sherbrooke tout en sensibilisant les citoyens et les décideurs à l'importance des arbres en milieu urbain. Cet objectif principal du projet s'articule autour de deux sous-objectifs spécifiques :

1- Analyse de la structure et la composition de l'inventaire des arbres à l'aide d'une revue de l'état de l'art :

Il s'agit ici de réaliser une revue *quasi* exhaustive de la littérature scientifique et technique sur les caractéristiques des arbres en milieu urbain. Cette revue permettra d'évaluer les bénéfices et contraintes associés aux différentes espèces d'arbres au sud du Québec, afin de réaliser une analyse comparative des données issues de l'inventaire local de Sherbrooke. Cette démarche vise à identifier les espèces les mieux adaptées aux besoins locaux, notamment pour la réduction des îlots de chaleur et l'amélioration de la résilience urbaine.

2- Développement d'un système d'information géographique (SIG) :
Concevoir et déployer un outil SIG interactif pour faciliter la gestion, la visualisation et la diffusion des données relatives aux arbres urbains de Sherbrooke. Cet outil permettra d'intégrer les informations de l'inventaire dans une plateforme accessible, adaptée à la sensibilisation du grand public et à l'aide à la décision pour les gestionnaires. L'objectif est d'utiliser les données pour mobiliser les citoyens et orienter les choix stratégiques des décideurs en matière de gestion arboricole et d'aménagement urbain.

Cette approche combine précision des données, innovation technologique et mobilisation des connaissances. Elle vise à offrir des solutions concrètes pour relever les défis environnementaux et sociaux associés au réchauffement climatique, tout en renforçant la résilience et la qualité de vie des citoyens de Sherbrooke.

2 Cadre théorique

Pour mener à bien la revue de l'état de l'art et l'analyse comparative, plusieurs aspects clés ont été explorés. Il s'agit notamment de définir certains concepts fondamentaux, de présenter les caractéristiques des arbres dans le sud du Québec, d'examiner le contexte réglementaire lié à l'arbre urbain dans cette région, et de mettre en lumière l'importance des arbres en milieu urbain à travers leurs fonctions et services.

En ce qui concerne le deuxième objectif, qui porte sur le développement d'un SIG, le cadre théorique s'intéressera aux solutions SIG adaptées au contexte du projet. Ces solutions seront évaluées en fonction de leur alignement avec les objectifs, les spécificités des données disponibles et les contraintes temporelles du projet.

2.1 Définition des concepts

Arbre urbain : un arbre urbain est défini comme une plante ligneuse pérenne qui atteint une hauteur d'au moins 4,5 mètres à maturité et qui se trouve dans un milieu anthropisé, tel qu'un parc, une rue, un espace privé ou institutionnel. Contrairement aux arbres des forêts naturelles, les arbres urbains évoluent dans des environnements hautement modifiés par l'humain, caractérisés par des sols souvent compactés, une pollution accrue et un accès limité à l'eau (Nowak et Dwyer, 2007). Ces arbres remplissent des rôles essentiels en fournissant des services écosystémiques tels que l'ombrage, la filtration des polluants et la réduction des îlots de chaleur, tout en offrant des bénéfices esthétiques et sociaux aux communautés urbaines (McPherson *et al.*, 1994).

Forêt urbaine : la forêt urbaine est un concept élargi qui englobe tous les arbres, arbustes et autres types de végétation situés dans les espaces urbains, incluant les parcs, les rues, les cours privées, les campus institutionnels, et même les terrains vacants. Elle est définie comme l'ensemble des écosystèmes forestiers présents dans une zone urbaine ou périurbaine (Larouche *et al.*, 2019). Cette entité comprend à la fois des arbres publics et privés et joue un rôle clé dans la résilience climatique des villes. Par exemple, la forêt urbaine contribue à la régulation de la température, à la gestion des eaux pluviales et à la séquestration du carbone (Konijnendijk, 2021).

Inventaire d'arbre urbain : un inventaire d'arbre urbain est une méthode systématique de collecte de données sur les caractéristiques des arbres situés dans un espace urbain donné, telles que leur espèce, leur DHP, leur hauteur, leur état sanitaire, leur localisation géographique, et leur contribution environnementale. Il s'agit d'une pratique essentielle pour la gestion et la planification des forêts urbaines, car elle permet de mieux comprendre la composition, la distribution et l'état de la canopée urbaine (Nowak et Greenfield, 2010).

Les inventaires d'arbres urbains sont réalisés à diverses échelles (quartiers, villes ou régions) et avec différents objectifs, comme la gestion des risques (ex. : vulnérabilité aux ravageurs ou aux tempêtes), l'évaluation des services écosystémiques (ombrage, filtration de l'air, stockage de carbone) ou l'identification des besoins en plantation (McPherson *et al.*, 1997). Ces inventaires reposent sur des outils de collecte de données allant des inspections de terrain manuelles aux technologies d'analyse automatique des relevés LiDAR (Light Detection And Ranging) ou d'imagerie multispectrale (Wulder *et al.*, 2006).

2.2 Historique de l'arbre en ville au Canada

Bien que l'intérêt du Canada pour les forêts urbaines se soit intensifié récemment, le pays possède une longue histoire en matière de gestion et de préservation de ces espaces verts. Grâce à une combinaison d'efforts individuels et d'expérience gagnée par les « essais et erreurs » face aux désastres naturels et aux maladies, les forêts urbaines ont maintenant de meilleures chances de se développer (Rosen, 2015). Autrefois, les arbres en ville étaient perçus comme du matériel pour la construction des maisons plutôt que des éléments pratiques du paysage urbain. En effet, en Colombie-Britannique (BC), en 1800, des arbres gigantesques comme les sapins (*Abies*) sont abattus en présence célébrative des citoyens pour créer la ville de North Vancouver (Rosen, 2015).

C'est donc au début du 19e siècle que préserver les forêts et planter des arbres devient populaire et un projet gouvernemental. Ravagées par la Maladie Hollandaise des Ormes (MHO), on prend des mesures en 1975 pour sauver les forêts urbaines, car une monoculture marquée est instaurée, dont l'impact est notable. Au Manitoba, on voit fleurir la Coalition pour sauver les ormes, ainsi que plusieurs organismes à BC, Calgary, Régina et Saskatoon (Barwinsky, 2015).

En 1977, au Québec, c'est à l'Université Laval, par le biais de la lutte contre la MHO, que la foresterie prend place, et que le cours d'aménagement de boisés urbains est enseigné. Plus tard, à partir de 1990, nous voyons naître le département des parcs en Colombie Britannique, la mise en place du rapport *"the cloud of change"* (City of Vancouver, 2024) et l'établissement de formations universitaires comme le baccalauréat en foresterie urbaine en Ontario. En 1990, la ville de Calgary engage son premier forestier et celui-ci a instauré des mesures strictes de protection et d'irrigation. L'organisation STOPDED (*Society To Prevent Dutch Elm Disease*) est inaugurée et excelle dans l'éducation et la sensibilisation du public quant à la maladie MHO dans l'Alberta (STOPDED, 2018). Pour sa part, l'Ontario devient un leader des forêts urbaines, avec l'implication de défenseurs de la forêt et la plantation d'un grand nombre d'ormes, d'érables argentés et à sucre (Hambly, 2010).

Dans les années 2000, une diversification des forêts est préconisée pour pallier les problèmes rencontrés par les monocultures, comme ce fut le cas avec la maladie de l'orme. On plante des tilleuls d'Europe, des ormes d'Amérique, des érables de Norvège, des frênes. Une technicalité qui

demeure importante aujourd'hui où on réalise des programmes de plantation marqués par une plus grande diversification des essences (Ordóñez et Duinker, 2015).

L'agrile du frêne, un insecte ravageur originaire d'Asie, est détecté en Amérique du Nord en 2002. Cette espèce envahissante cause des ravages considérables, entraînant la mort de millions de frênes à travers le Canada et les États-Unis. Au Québec, sa présence est confirmée en 2008 dans la ville de Carignan, marquant le début d'une infestation qui se propage rapidement à d'autres régions de la province. Cet événement conduit à la mise en place de stratégies de lutte et de prévention pour préserver les forêts urbaines québécoises (Ville de Sherbrooke, 2017).

Nous observons une corrélation directe de l'augmentation de l'urbanisation, des menaces naturelles (vents, vagues de chaleurs, pluies diluviennes, ouragan, maladies, insectes dévastateurs) et de l'intérêt social et gouvernemental, à la présence d'arbres en ville. Ces désastres auxquels les forêts ont été sujettes furent une véritable source de motivation pour la préservation et le développement du couvert forestier urbain.

2.3 Arbre urbain : contexte réglementaire

Au Canada

Au Canada, la gestion des forêts urbaines repose principalement sur les municipalités, en vertu de lois habilitantes provinciales leur conférant l'autorité de légiférer sur les arbres situés sur les terrains municipaux et privés. À l'échelle fédérale, des initiatives comme le programme des "2 milliards d'arbres", lancé en 2021, visent à accroître la couverture arboricole urbaine afin de renforcer la résilience des écosystèmes urbains face aux changements climatiques et de favoriser la biodiversité (Gouvernement du Canada, 2021).

Parallèlement, des organisations nationales comme « Arbres Canada » jouent un rôle crucial en soutenant les municipalités dans la mise en œuvre de meilleures pratiques de gestion des forêts urbaines, notamment à travers l'élaboration de cadres juridiques et de stratégies durables. Ces efforts sont régulièrement mis en avant dans des documents fédéraux, tels que le rapport annuel de Ressources Naturelles Canada, qui souligne l'importance des forêts urbaines dans les politiques climatiques et de préservation de la biodiversité (Ressources Naturelles Canada, 2023).

Au Québec

Au Québec comme au Canada, la gestion des arbres en milieu urbain est régie par un cadre réglementaire provincial qui délègue aux municipalités la responsabilité d'adopter des règlements spécifiques concernant la plantation, l'abattage et l'entretien des arbres. La Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (LAU) offre aux municipalités des outils juridiques pour intégrer la gestion arboricole dans leurs règlements d'urbanisme, notamment à travers des normes de verdissement, des quotas de plantation ou des exigences relatives aux permis d'abattage (Gouvernement du Québec, 2024a). Ces mesures visent à préserver la biodiversité et à maintenir la couverture arborée urbaine, essentielle dans un contexte de développement durable et de lutte contre les changements climatiques.

Le « Plan Nature 2030 », initiative phare du gouvernement provincial, met de l'avant l'importance des arbres dans l'aménagement des territoires urbains en harmonisant les objectifs de conservation de la biodiversité avec ceux de la lutte contre les îlots de chaleurs urbains et les impacts des changements climatiques (Gouvernement du Québec, 2024c). Des organismes régionaux, tels que le Conseil Régional de l'Environnement de l'Estrie, soutiennent ces efforts en travaillant de concert avec les municipalités pour promouvoir des initiatives de verdissement et renforcer la biodiversité en milieu urbain (CREE, 2024). Ce cadre réglementaire illustre l'importance des arbres urbains dans l'amélioration de la résilience climatique et de la qualité de vie des citoyens, tout en valorisant l'implication communautaire dans la préservation et le développement des forêts urbaines.

À Sherbrooke

À Sherbrooke, la gestion des arbres urbains s'inscrit dans le cadre de la Politique de l'arbre et du verdissement, qui vise à préserver et enrichir la canopée urbaine en intégrant des pratiques de plantation, d'entretien et de protection des arbres. Cette politique comprend notamment des mesures pour accroître la diversité des essences, limiter l'abattage des arbres matures et renforcer la résilience face aux îlots de chaleur et aux changements climatiques. Elle joue ainsi un rôle clé dans la gestion municipale des espaces verts et s'aligne directement sur le deuxième objectif de cette étude. Avec un indice de canopée de 42 % (Ville de Sherbrooke, 2024b), Sherbrooke se distingue par son important patrimoine arboricole public, qui comprend plus de 30 000 arbres répartis en 150 espèces, dont 80 % sont des feuillus. Cependant, cette forêt urbaine est sous

pression en raison de la cohabitation difficile avec les infrastructures, les changements climatiques et les espèces envahissantes (Ville de Sherbrooke, 2024b).

Le « Plan Climat » de Sherbrooke intègre des objectifs ambitieux pour protéger et développer cette forêt urbaine, notamment par la déminéralisation des surfaces, l'augmentation de la couverture végétale dans les zones moins boisées et la sensibilisation des citoyens, ainsi que l'approche 3-30-300 (Ville de Sherbrooke, 2021). L'approche 3-30-300, adoptée comme cadre stratégique, vise à offrir 3 arbres visibles à chaque citoyen, une canopée de 30 % par quartier, et un accès à un îlot de fraîcheur à moins de 300 mètres de chaque résidence (Konijnendijk, 2021). Dans cette perspective, des études cartographiques réalisées par le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO) ont permis d'identifier les zones les plus vulnérables aux îlots de chaleur. Ces cartes, disponibles dans leur rapport officiel (Boulfroy *et al.*, 2013), constituent un outil essentiel pour orienter les stratégies de verdissement et mieux cibler les interventions municipales. Ces initiatives soulignent l'engagement de la Ville à améliorer la qualité de vie et à renforcer la résilience environnementale.

2.4 Importance des arbres en milieu urbain : fonctions et services

2.4.1 Ombrage

Le rayonnement solaire, particulièrement intense en milieu urbain, est l'une des principales causes de l'effet d'îlot de chaleur en saison chaude, entraînant une hausse significative des températures au sol et dans les bâtiments environnants (Oke, 1982 ; Santamouris et Vasilakopoulou, 2023). Ces conditions exacerbent les inégalités thermiques et augmentent les risques pour la santé publique, notamment lors des vagues de chaleur (Schwaab *et al.*, 2021). Les arbres jouent un rôle essentiel dans la réduction de ces effets en interceptant jusqu'à 90 % du rayonnement solaire grâce à leur canopée, limitant ainsi la pénétration de chaleur au niveau du sol (Rahman *et al.*, 2020). Leur ombrage dense réduit non seulement l'exposition à la chaleur, mais contribue également à diminuer les coûts énergétiques liés à la climatisation des bâtiments (Helletsgruber *et al.*, 2020 ; Huang *et al.*, 2011).

Par ailleurs, des études expérimentales ont démontré que les arbres agissent comme des filtres naturels aux rayons ultraviolets (UV), réduisant ainsi les risques de dommages cutanés et d'autres affections liées aux UV, telles que le cancer de la peau (Boldeman *et al.*, 2004 ; Parisi *et al.*,

2000a). La canopée des arbres offre une protection mesurable pour les piétons, les utilisateurs de parcs et les résidents des zones arborées en diminuant l'exposition directe aux rayons UV (Heisler *et al.*, 2003 ; Parisi *et al.*, 2000b). Bien que l'efficacité de cet ombrage varie selon la densité de la canopée et les espèces d'arbres, la présence d'arbres contribue indéniablement à améliorer le confort thermique et la santé publique (Boldemann *et al.*, 2006).

Ces bénéfices s'étendent à la création de microclimats plus frais, essentiels pour améliorer le confort thermique des citoyens et limiter l'impact des changements climatiques (McPherson *et al.*, 1997). En effet, les forêts denses servent de zones de référence pour les îlots de fraîcheur, permettant ainsi d'évaluer les gradients de température et d'identifier les îlots de chaleur. Des études ont montré que l'écart de température entre ces surfaces de référence et les îlots de chaleur peut atteindre plus de 12 °C, soulignant ainsi l'importance du couvert végétal pour la régulation thermique en milieu urbain (CERFO, 2012). En ce sens, intégrer des arbres offrant un ombrage dense et optimal dans les zones urbaines constitue une priorité stratégique pour les gestionnaires municipaux et les urbanistes.

2.4.2 Qualité de l'air et filtration de polluants

La pollution atmosphérique urbaine est l'une des principales préoccupations environnementales, puisqu'elle est responsable de millions de décès prématurés chaque année associés à des pathologies telles que les maladies respiratoires, les cancers et les troubles cardiovasculaires (Lelieveld *et al.*, 2015). Les sources de pollution, comme le trafic routier, les industries et le chauffage domestique, contribuent à la formation de particules fines (PM2.5), d'ozone (O_3), de dioxyde de carbone (CO_2) et d'oxydes d'azote (NOx), qui détériorent considérablement la qualité de l'air en milieu urbain. Les arbres urbains, par leurs capacités de filtration naturelle, jouent un rôle essentiel dans la réduction de ces polluants. Ils interceptent les particules fines sur leur feuillage, absorbent des gaz nocifs tels que le dioxyde de soufre (SO_2) et l'O_3, et séquestrent le CO_2 (Nowak *et al.*, 2006). Par exemple, les travaux de Nowak et Hirabayashi (2013) ont modélisé la capture des PM2.5 par les arbres dans 10 grandes villes des États-Unis, révélant des réductions notables de la mortalité attribuable à la pollution atmosphérique. De même, Rao *et al.* (2014) ont démontré une corrélation directe entre la présence d'arbres urbains et une diminution des problèmes respiratoires liés à la pollution. Ces effets positifs s'étendent également aux économies de coûts en santé publique. Une étude de Nowak et *al.* (2014) a estimé que les économies associées

à la filtration des polluants par les arbres aux États-Unis atteignent plusieurs millions de dollars par an, grâce à une réduction des hospitalisations et des traitements médicaux. En outre, les recherches de Wang *et al.* (2016) ont mis en évidence une prévalence plus faible du cancer du poumon dans les zones résidentielles arborées, tandis que Lovasi *et al.* (2008) ont établi un lien entre une densité accrue d'arbres de rue et une prévalence réduite de l'asthme chez les enfants. De plus, les arbres contribuent à réduire les hospitalisations pour asthme lors des épisodes de forte pollution. Alcock *et al.* (2017) ont démontré que des densités élevées d'arbres en milieu urbain sont associées à une diminution des admissions hospitalières pour asthme, en raison de leur capacité à atténuer les concentrations de polluants ambiants.

Dans l'ensemble, les arbres urbains et les forêts urbaines apparaissent comme des solutions naturelles et efficaces pour atténuer les effets négatifs de la pollution de l'air sur la santé publique. Bien que l'ampleur de ces bénéfices puisse varier selon les contextes locaux et la densité arborée, leur contribution à la réduction des risques sanitaires et à l'amélioration de la qualité de vie urbaine est indéniable. Planter et entretenir des espèces capables d'intercepter efficacement les polluants, comme les chênes, les érables ou les tilleuls, doit être une priorité pour les décideurs municipaux.

2.4.3 Réduction des ilots de chaleurs urbains

Les îlots de chaleur urbains (ICU) résultent de l'accumulation de chaleur dans les matériaux imperméables comme le béton et l'asphalte, amplifiant les températures ambiantes dans les zones urbaines comparées aux zones rurales environnantes (Oke, 1982). Ce phénomène est exacerbé par la densité urbaine et le manque de végétation, entraînant des risques accrus pour la santé publique, notamment des coups de chaleur, une mortalité élevée en période estivale et une augmentation de la consommation énergétique pour le refroidissement (Kilbourne *et al.*, 1982 ; Stone *et al.*, 2014). Par exemple, à Toronto, une faible couverture arborée a été corrélée à une hausse des appels d'urgence liés à la chaleur lors d'épisodes de chaleur extrême (Graham *et al.*, 2016).

Les arbres urbains jouent un rôle central dans la réduction des ICU en créant des îlots de fraîcheur. Par leur canopée, ils interceptent le rayonnement solaire et limitent l'accumulation de chaleur au niveau du sol, tout en abaissant les températures de l'air ambiant grâce à l'évapotranspiration (Livesley *et al.*, 2016). Ces processus permettent de réduire les températures de surface de plusieurs degrés Celsius, améliorant ainsi le confort thermique des citadins et limitant les risques pour les populations vulnérables, telles que les personnes âgées et les enfants (Schwaab *et al.*,

2021). En période estivale, une couverture arborée accrue pourrait compenser les hausses projetées de la mortalité liée à la chaleur, avec une réduction estimée de 40 à 99 % dans des régions métropolitaines américaines (Stone *et al.*, 2014).

Au Québec, deux exercices de cartographie des îlots de chaleur urbains ont été réalisés par CERFO, l'un en 2012 et le second en 2021. Ces cartes permettent d'identifier les secteurs les plus affectés par la chaleur en milieu urbain et d'orienter les stratégies de verdissement en conséquence. Le fait de disposer de deux cartes à dix ans d'intervalle offre une occasion unique d'analyser l'évolution des ICU et d'évaluer l'impact des politiques de verdissement mises en place. Ces outils cartographiques sont ainsi des moyens tangibles pour guider l'aménagement urbain en ciblant les zones prioritaires pour l'implantation d'arbres et d'espaces verts, contribuant ainsi à la lutte contre les changements climatiques et à l'amélioration de la qualité de vie des citoyens (Budei *et al.*, 2023b ; CERFO, 2012).

Investir dans une couverture arborée dense et bien planifiée est crucial pour atténuer les impacts des ICU. Intégrer des arbres stratégiquement dans les zones fortement bâties peut non seulement améliorer la résilience climatique, mais également réduire les inégalités thermiques et les dépenses énergétiques associées à la climatisation. Ces bénéfices soulignent l'importance d'adopter des politiques urbaines qui favorisent une canopée diversifiée et durable pour répondre aux défis croissants des changements climatiques.

2.4.4 Régulation des eaux pluviales et préservation des ressources hydriques

La gestion des eaux pluviales est un enjeu critique dans les zones urbaines, où l'imperméabilisation des surfaces par l'asphalte et le béton accentue le ruissellement. Ce phénomène entraîne des inondations fréquentes, l'érosion des sols et le transfert des polluants vers les cours d'eau, affectant ainsi la qualité des écosystèmes aquatiques urbains (Booth et Jackson, 1997 ; Fletcher *et al.*, 2013). Les arbres urbains jouent un rôle crucial en atténuant ces effets. Leur canopée intercepte une partie des précipitations, réduisant ainsi la quantité d'eau atteignant directement le sol, tandis que leurs racines améliorent l'infiltration de l'eau et limitent les risques d'érosion (Xiao et McPherson, 2002). Une étude menée à Santa Monica, en Californie, a démontré que les arbres peuvent intercepter jusqu'à 60 % de l'eau de pluie lors des petits événements pluvieux, allégeant ainsi la pression sur les infrastructures de drainage urbain (Xiao et McPherson, 2002).

En outre, les arbres contribuent à la recharge des nappes phréatiques et réduisent la charge polluante en filtrant les contaminants transportés par l'eau de ruissellement (Berland *et al.*, 2017). Ils agissent également comme des régulateurs thermiques pour les bassins versants urbains, atténuant l'effet des températures élevées sur les ressources hydriques. Dans un contexte où les villes doivent s'adapter aux impacts du changement climatique, comme une fréquence accrue des précipitations extrêmes, planter et entretenir des arbres devient une nécessité pour réduire les risques d'inondation, protéger les écosystèmes aquatiques et préserver les ressources hydriques pour les générations futures.

2.4.5 Effets bénéfiques sur la santé physique et mentale des citoyens

L'absence d'arbres en milieu urbain peut aggraver les problèmes de santé publique, notamment par le biais d'un stress accru, d'une prévalence élevée de troubles de l'humeur et d'un manque d'interactions avec la nature. Les environnements dépourvus de végétation sont souvent associés à des niveaux plus élevés d'anxiété et de dépression, en particulier dans les zones densément peuplées (Park *et al.*, 2011). De plus, les espaces urbains dominés par des infrastructures artificielles favorisent une déconnexion sociale et un isolement psychologique, accentuant les disparités en matière de bien-être (Kaplan, 2011).

À l'inverse, les arbres et espaces verts ont des effets positifs mesurables sur la santé mentale et physique des populations urbaines. Des études ont montré que les environnements arborés favorisent la réduction du stress, mesurée par des indicateurs physiologiques tels que la baisse de la pression artérielle et des hormones de stress comme le cortisol (Park *et al.*, 2010a ; Tsunetsugu *et al.*, 2013). Par exemple, la pratique du "*Shinrin-yoku*" ou bain de forêt a démontré des améliorations notables dans la récupération face au stress et des bienfaits psychologiques significatifs, tels qu'une réduction de la colère et une augmentation de la vitalité (Morita *et al.*, 2007). Par ailleurs, les individus vivant dans des quartiers avec une couverture arborée dense rapportent une meilleure satisfaction résidentielle et des connexions sociales renforcées, ce qui améliore globalement leur santé mentale (Park *et al.*, 2011).

Les bénéfices psychologiques s'étendent également à des groupes spécifiques : les femmes, par exemple, ressentent un plus grand bonheur lors de marches en forêt par rapport à un gymnase (Shin *et al.*, 2013). Chez les enfants, les environnements naturels riches en arbres réduisent la prévalence de l'asthme et favorisent une activité physique accrue (Lovasi *et al.*, 2008). Ces observations

soulignent l'importance de préserver et de promouvoir la plantation d'arbres en milieu urbain afin de créer des espaces propices à la santé mentale et physique, contribuant ainsi à la résilience des communautés face aux pressions environnementales et sociétales croissantes.

En somme, intégrer les arbres dans les espaces urbains ne se limite pas à leurs contributions esthétiques, mais représente un levier essentiel pour améliorer le bien-être collectif, en favorisant une récupération face au stress et en apportant des bénéfices mesurables sur le plan physiologique et social. Des stratégies d'urbanisme orientées vers une augmentation de la canopée urbaine sont donc cruciales pour répondre aux défis actuels de santé publique et de qualité de vie.

2.4.6 Influence sur l'esthétique et le design des espaces urbains

L'absence d'arbres dans les espaces urbains exacerbe l'aspect monotone des environnements dominés par le béton et l'asphalte, contribuant à une diminution de l'attractivité des quartiers. Ces espaces dépourvus de végétation ont été associés à une perception accrue de stress et à une diminution de la satisfaction des résidents envers leur cadre de vie (Roberts et Van Lissa, 2019). De plus, le manque de verdure impacte négativement la connectivité sociale, en réduisant les opportunités de rencontres et d'activités communautaires dans les espaces publics (Kondo *et al.*, 2018).

En revanche, la présence d'arbres améliore considérablement l'esthétique des villes en apportant diversité, structure et couleurs à l'environnement bâti. Ils agissent comme des éléments de design naturels qui encadrent les rues, brisent la monotonie visuelle et rehaussent l'identité des lieux (Gerrish et Watkins, 2018). Les arbres augmentent également l'attractivité des espaces commerciaux, entraînant une augmentation de la fréquentation et des bénéfices pour les commerces locaux (Sullivan, 2014). Par ailleurs, des études ont démontré que les espaces verts arborés favorisent le bien-être psychologique des résidents, en leur offrant un cadre apaisant qui stimule leur sentiment de sécurité et d'appartenance (South *et al.*, 2015).

Ainsi, intégrer des arbres dans les aménagements urbains ne répond pas uniquement à des besoins écologiques, mais constitue également une stratégie clé pour améliorer la qualité de vie, renforcer la cohésion sociale et créer des environnements urbains harmonieux et attrayants. Leur rôle en tant qu'éléments de design naturel les place au cœur des stratégies de planification urbaine moderne, où la qualité visuelle est intimement liée au bien-être des citoyens.

2.5 Analyse et comparaison des arbres urbains du sud du Québec

Les arbres urbains du sud du Québec occupent une place importante dans les stratégies de gestion environnementale des villes, notamment pour atténuer les impacts des îlots de chaleur et améliorer la qualité de l'air (Ordóñez *et al.*, 2023 ; Paquette *et al.*, 2021). Ces espèces, adaptées à des conditions climatiques tempérées, sont sélectionnées en fonction de leurs caractéristiques écologiques, leur capacité à fournir des services écosystémiques et leur résilience face aux contraintes urbaines, telles que la pollution ou les sols compactés (Nowak et Greenfield, 2010).

Cette section explore dans un premier temps les espèces dominantes dans les zones urbaines du sud du Québec, en analysant leur répartition et leurs spécificités. Par la suite, une analyse comparative sous forme de tableau synthétique met en lumière les avantages et inconvénients des espèces d'arbres urbains, offrant une base pour guider les choix en matière de plantation et de gestion durable des forêts urbaines.

2.5.1 Espèces dominantes d’arbre urbains du Québec méridional

Avant d’aborder les espèces d’arbre urbains au sud du Québec, il est essentiel de parler du contexte climatique dans lequel ces espèces se développent. Un climat de type continental humide, caractérisé par des hivers rigoureux avec des températures moyennes souvent inférieures à -10 °C et des étés chauds pouvant dépasser 30 °C (Gouvernement du Québec, 2024b). La végétation du Québec méridionale est fort variée car elle est située dans la zone tempéré nordique qui est composée de forêts de feuillus et de forêts mixtes (mélange de feuillus et de conifères) (Gouvernement du Québec, 2022). Cette zone est elle-même subdivisée en deux sous-zones de végétations, la sous-zone de la forêt décidue, la plus méridionale, dominée par les érablières, ses espèces les plus caractéristiques sont l’érable à sucre, le hêtre à grandes feuilles et le bouleau jaune ainsi que la pruche du Canada. En second lieu la sous-zone de la forêt mixte, unité de transition entre la zone tempérée nordique et la zone boréale, caractérisée par des peuplements mixtes composés de feuillus tempérés comme l’érable à sucre et le bouleau jaune ainsi que de conifères boréaux comme le sapin baumier et l’épinette blanche (Gouvernement du Québec, 2022).

Dans cette étude, nous concentrerons nos analyses sur la sous-zone de la forêt décidue, car elle est localisée au sud de la province, là où se situe notre zone d’étude. Dans cette région, les arbres sont classés en deux grandes catégories : les feuillus et les conifères. Les conifères, souvent appelés

résineux ou arbres à feuillage persistant, conservent leurs aiguilles tout au long de l'année, à l'exception de quelques espèces. Ils possèdent généralement un bois tendre et s'adaptent bien aux climats froids. Les feuillus, en revanche, sont des arbres à feuilles caduques qui perdent leurs feuilles à l'automne, offrant un bois dur et résistant. Ces deux types d'arbres jouent un rôle complémentaire dans les forêts urbaines, chacun offrant des bénéfices écologiques distincts, comme l'ombrage dense des feuillus en été et l'impact thermique des conifères en hiver (Arbres Canada, 2024). Dans cette sous-zone de végétation, les domaines bioclimatiques de l'érablière à caryer cordiforme, de l'érablière à tilleul et de l'érablière à bouleau jaune se succèdent (Annexe A).

Le domaine de l'érablière à caryer cordiforme se distingue par la présence régulière dans ses érablières d'espèces arborescentes restreintes à l'extrême sud du Québec, notamment le caryer cordiforme (*Carya cordiformis*), le caryer ovale (*Carya ovata*), le chêne blanc (*Quercus alba*), le chêne bicolore (*Quercus bicolor*) et le chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*). Dans le domaine de l'érablière à tilleul, ce sont le frêne blanc (*Fraxinus americana*), le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*), l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*), le cerisier tardif (*Prunus serotina*) et la pruche du Canada (*Tsuga canadensis*) qui sont les espèces les plus caractéristiques des érablières. Les érablières du domaine de l'érablière à bouleau jaune, moins diversifiées, sont composées pour l'essentiel de l'érable à sucre (*Acer saccharum*), du hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*) et du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) (Morneau, 2021).

Dans le but de mettre l'accent sur un maximum d'espèces d'arbre urbain présents dans la région, nous avons synthétisé une sélection d'arbre faite par Michael D. Willams dans son livre « Arbres du Québec et de l'est de l'Amérique du Nord » dans un tableau (Annexe B). Cette sélection a permis de mieux comprendre la diversité des espèces d'arbres urbains dans la région, en mettant en lumière les différences entre feuillus et conifères. Par exemple, les conifères se répartissent sur 8 familles botaniques, regroupant un total de 25 espèces. En comparaison, les feuillus se distinguent par une plus grande diversité, avec 41 familles botaniques et 109 espèces. Ces données illustrent la richesse et la complexité des écosystèmes arboricoles au Québec et permettront d'avoir une base de comparaison au fur et à mesure de l'avancement de l'étude.

Une analyse spécifique sera réalisée à l'échelle de l'inventaire, en mettant l'accent sur la structure, la distribution et la composition des arbres de l'inventaire. L'objectif est de mettre en lumière les différences en termes de distribution dans ce contexte. Les résultats de cette analyse seront

synthétisés sous forme de cartographie détaillée et de diagrammes, illustrant la répartition des espèces d'arbres urbains sur chacune des trois zones cible, à savoir, le parc Jacques-Cartier, le campus principal de l'Université de Sherbrooke et le campus de l'Université de Bishop's.

Espèces d'arbres présent à Sherbrooke

Les inventaires d'arbres urbains sont essentiels pour la gestion efficace des forêts urbaines. Ils fournissent des informations détaillées sur la santé, les espèces, la taille et l'emplacement des arbres, permettant ainsi de générer des rapports pour la planification stratégique et la sensibilisation des résidents à l'importance des forêts urbaines (Arbres Canada, 2025b). Ces inventaires permettent également d'évaluer la diversité et la répartition des espèces et le pourcentage de couvert forestier comme discuté dans le point précèdent. Ils jouent un rôle clé dans les recherches liées aux services écosystémiques fournis par les arbres urbains, comme l'indiquent les travaux portant sur la modélisation du climat local, la gestion des risques arboricoles ou encore l'évaluation des avantages économiques (i-Tree, 2012 ; Nowak *et al.*, 2001 ; Raupp *et al.*, 2006).

Différentes méthodes d'inventaire existent, allant des échantillonnages représentatifs de la forêt urbaine aux relevés complets des arbres individuels. Certaines méthodes utilisent des technologies telles que les photographies aériennes et les systèmes d'information géographique (SIG) pour dresser un inventaire de la couverture forestière (Arbres Canada, 2025a). Les méthodes soutenues par satellite, par avion ou par balayage laser terrestre complètent ces relevés, bien que leur précision reste limitée (Abd-Elrahman *et al.*, 2010 ; Ardila *et al.*, 2012).

Les relevés de terrain, bien qu'exigeants en main-d'œuvre et en temps, restent la méthode prédominante en raison de leur précision. Ces relevés permettent de collecter des données sur une large gamme de paramètres, incluant la taille de la couronne, le DHP (diamètre à hauteur de poitrine) et l'état de santé des arbres, des données essentielles pour évaluer les services écosystémiques fournis par les arbres urbains (Keller et Konijnendijk, 2012 ; Park *et al.*, 2010b).

2.5.2 Comparaison des avantages et inconvénients des espèces d'arbres urbains communes

Afin de fournir une vue d'ensemble organisée des espèces d'arbres urbains présentes dans l'inventaire, un tableau synthétique a été élaboré (Annexe C). Ce tableau se compose de différentes colonnes descriptives permettant de catégoriser et d'évaluer chaque espèce selon des critères précis.

- Type : cette colonne indique si l'espèce est un conifère ou un feuillu.
- Genre : cette colonne regroupe les espèces selon leur genre, telle que les épinettes, mélèzes et pins pour les conifères, ou les érables, bouleaux et chênes pour les feuillus.
- Espèce : cette colonne présente le nom latin de chaque espèce, standard dans la nomenclature botanique, pour éviter les ambiguïtés liées aux noms communs.
- Avantages : cette colonne recense les bénéfices qu'offerts chaque espèce.
- Inconvénients : cette colonne met en lumière les limites ou défis associés à chaque espèce.

L'élaboration de ce tableau s'appuie sur des informations issues de la littérature scientifique, notamment sur les statuts des arbres. Un arbre est indigène s'il est originaire du Canada. Il est qualifié d'introduit lorsqu'il provient d'une autre région et a été implanté volontairement ou accidentellement par l'homme. Une espèce est dite naturalisée si, bien qu'introduite, elle s'est bien établie et se reproduit de manière autonome dans son nouvel environnement. Enfin, un arbre hybride résulte d'un croisement naturel ou artificiel entre deux espèces, qu'elles soient indigènes, introduites ou naturalisées (Arbres Canada, 2025b).

En complément, l'identification des espèces et de leur habitat repose sur des ouvrages spécialisés (Farrar, 2017 ; Williams, 2008). D'autres sources (Cameron et Paquette, 2020 ; Eyster et Beckage, 2022 ; Farrar, 2017 ; Gathright *et al.*, 2006 ; Gauthray-Guyénet *et al.*, 2024b, 2024a ; Hydro-Québec, 2017 ; Paquette *et al.*, 2021) ont également été consultées afin d'effectuer une analyse détaillée, adaptée au contexte urbain du sud du Québec.

2.6 Bonnes pratiques sur la plantation des arbres urbains

L'aspect pratique des projets de verdissement représente un défi majeur pour les gestionnaires, aménagistes et autres parties prenantes. Ils doivent souvent faire face à des contraintes telles que des superficies limitées pour la plantation, la nécessité de prioriser les zones à verdir ou encore le choix des espèces les plus appropriées. Ce point aborde, dans l'ordre, les pratiques en fournissant les grandes lignes de recommandations couvrant les différents aspects des bonnes pratiques sur la plantation des arbres urbains.

Une bonne plantation commence par le choix de l'espèce en fonction des conditions locales, telles que le type de sol, la disponibilité en eau, l'espace de croissance et les besoins spécifiques en lumière (Cameron et Paquette, 2020). Ensuite, un emplacement bien choisi est essentiel pour éviter

les conflits avec les infrastructures urbaines, comme les câbles électriques, les conduites souterraines et les trottoirs (Hydro-Québec, 2022). Il est également recommandé de privilégier des sols peu compactés et riches en nutriments, afin de favoriser le développement des racines et d'assurer une croissance optimale (Ville de Sherbrooke, 2024b). En 2017, Hydro-Québec a lancé un outil libre-service innovant intitulé « Choisir le bon arbre ou arbuste », destiné à faciliter la sélection des arbres et arbustes adaptés aux besoins des citoyens et aux contraintes de plantation. Cet outil permet de choisir des espèces en fonction de divers attributs tels que le nom de l'espèce, le type d'arbre (feuillu ou conifère), la zone de rusticité, la forme, la largeur, la hauteur, et d'autres caractéristiques essentielles. Il inclut des critères spécifiques pour les environnements urbains, comme la distance sécuritaire à respecter par rapport aux infrastructures électriques, garantissant ainsi une plantation sécuritaire et durable (Hydro-Québec, 2017).

Selon le Bureau de normalisation du Québec (BNQ), les arbres et arbustes à racines nues doivent être plantés au printemps, lorsque le sol est dégelé et avant l'ouverture des bourgeons, ou à l'automne, après la chute des feuilles mais avant le gel du sol (BNQ, 2019). Pour les arbres et arbustes en motte, la période de plantation conseillée s'étend du dégel printanier jusqu'au gel profond du sol à la fin de l'automne (Nature Québec, 2020). Cependant, la plantation en été est à éviter, car les températures élevées et l'activité métabolique accrue augmentent significativement le risque de dessèchement. De plus, les arbres en motte, ayant perdu une grande partie de leurs racines fines lors de leur extraction en pépinière, sont particulièrement sensibles au stress hydrique pendant cette période (Ville de Montréal, 2025). Ces périodes optimales garantissent une meilleure survie des arbres et contribuent à maximiser leur croissance et leurs bénéfices écologiques dans un contexte urbain (Arbres Canada, 2024).

Avant de planter, il est crucial de préparer le site et cela inclut de creuser un trou deux à trois fois plus large que le système racinaire de l'arbre, pour permettre aux racines de s'étendre facilement (Nature Québec, 2020). L'ajout de compost ou de terreau de qualité est également conseillé pour enrichir le sol et faciliter la rétention d'eau. L'utilisation d'un paillis organique autour du pied de l'arbre, tout en évitant de le placer directement contre le tronc, aide à retenir l'humidité, à limiter la croissance des mauvaises herbes et à imiter les conditions naturelles des forêts. Ce paillis doit être maintenu à une épaisseur maximale de 10 centimètres (DRHC, 1998). Un arrosage régulier est nécessaire durant les premières années après la plantation pour permettre à l'arbre de bien

s’enraciner. Les périodes de sécheresse nécessitent une attention particulière, avec un arrosage lent et profond pour atteindre la zone racinaire (Ville de Sherbrooke, 2024b). Pour maximiser la résilience et la diversité des forêts urbaines, il est conseillé d'appliquer la règle du 10-20-30. Celle-ci stipule qu’aucune espèce ne doit représenter plus de 10 % des arbres, aucun genre plus de 20 % et aucune famille botanique plus de 30 % dans une même zone. Cette approche réduit les risques associés aux maladies et aux infestations (Cameron et Paquette, 2020). Enfin, l'entretien des jeunes arbres, incluant l'élagage pour favoriser une structure saine et équilibrée, contribue à leur longévité et à leur capacité à fournir des services écologiques (Arbres Canada, 2022). L’élagage doit être réalisé selon des techniques appropriées pour minimiser les blessures et le stress sur l’arbre (DRHC, 1998).

Le cadre élaboré par CERFO (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2024b) aborde de manière approfondie les bonnes pratiques de plantation d'arbres, en se focalisant sur trois questions essentielles. La première "Où planter ?" met en lumière l'importance d'identifier des espaces stratégiques pour maximiser les bénéfices environnementaux et sociaux, en priorisant les zones urbaines densément peuplées et les secteurs les plus vulnérables aux effets des changements climatiques. La seconde question "Quoi planter ?" insiste sur la sélection d'essences adaptées aux conditions urbaines, en tenant compte de leur résilience, de leur apport en services écosystémiques et de leur adéquation aux caractéristiques locales telles que les types de sols et le climat. Enfin, la troisième question "Comment planter ?" met en avant des techniques de plantation, incluant la préparation appropriée des sols, un espacement optimal et des méthodes garantissant la survie à long terme des arbres en milieu urbain (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2024b).

2.7 Géomatique et foresterie urbaine

L’intégration des SIG dans le domaine de la foresterie urbaine représente une avancée majeure pour la gestion durable des ressources forestières. Ces outils permettent de collecter, d’analyser et de visualiser des données géospatiales complexes, offrant ainsi des perspectives précises sur les dynamiques forestières et les enjeux liés à la biodiversité, aux changements climatiques et à l’aménagement du territoire (Bowie *et al.*, 2014 ; Galle *et al.*, 2021 ; Sousa-Silva *et al.*, 2021). Les SIG permettent également d’optimiser les processus de planification forestière, notamment en identifiant les zones vulnérables aux perturbations naturelles ou anthropiques, et en facilitant la

prise de décision grâce à des modèles basés sur des données spatiales (Budei *et al.*, 2023a ; Fondation David Suzuki, 2022).

Ce chapitre examine divers aspects de l'utilisation des SIG dans la foresterie urbaine, en abordant d'abord leurs applications concrètes, avant de détailler les architectures des SIG web, leurs composantes essentielles et les normes techniques qui en régissent le fonctionnement. Enfin, une analyse comparative des outils de cartographie web sera proposée, englobant les logiciels SIG, les serveurs cartographiques, les bases de données spatiales et les interfaces utilisateur, afin d'orienter le choix vers une solution adaptée aux besoins et aux limitations spécifiques du projet.

2.7.1 Usage et applications des SIG dans le domaine de la foresterie urbaine

De par les recherches effectuées sur le sujet, il a été constaté que les SIG web sont largement appliqués au niveau mondial dans le domaine de la foresterie urbaine pour inventorier, analyser et visualiser les données relatives aux arbres urbains. À New York, la plateforme NYC Street Tree Map propose une cartographie interactive qui répertorie plus de 685 000 arbres de rue. Elle permet aux utilisateurs de consulter des informations sur les espèces, leur taille et les services écosystémiques qu'ils procurent, tout en favorisant l'engagement communautaire par des initiatives de bénévolat pour l'entretien des arbres (Ville de New York, 2025). À Charlottetown, la plateforme TreeKeeper fournit une base de données complète sur les arbres urbains de la ville. Les utilisateurs peuvent explorer des informations sur chaque arbre, telles que sa localisation, son état et son identification botanique, pour appuyer les efforts de conservation et de sensibilisation publique (Ville de Charlottetown, 2025). À Montréal, le projet Arbres Montréal propose une carte interactive qui met en valeur les arbres de la ville, leurs espèces et leur contribution à la biodiversité urbaine (Ville de Montréal, 2013).

Dans ce contexte, ce projet se concentrera sur la création d'une cartographie interactive des arbres urbains de la ville de Sherbrooke, intégrant des données géospatiales et des informations détaillées, afin de soutenir la gestion forestière urbaine et d'améliorer la sensibilisation du public à l'importance des arbres dans le milieu urbain.

2.7.2 Architecture et fonctionnement d'un SIG web

Un SIG web constitue une architecture informatique robuste et flexible, conçue pour permettre l'accès, la gestion, l'analyse et la visualisation des données géospatiales via Internet (Ye *et al.*, 2013). L'architecture d'un SIG web est composée de plusieurs éléments modulaires, jouant un rôle spécifique et essentiel, garantissent non seulement l'interopérabilité entre différentes plateformes et outils, mais également la flexibilité et l'efficacité dans le traitement et la visualisation des données en toute simplicité (Martin, 2021).

2.7.2.1 Composantes d'un SIG web

Un SIG web est formé généralement de deux composantes : côté serveur (*back-end*) et côté client (*front-end*).

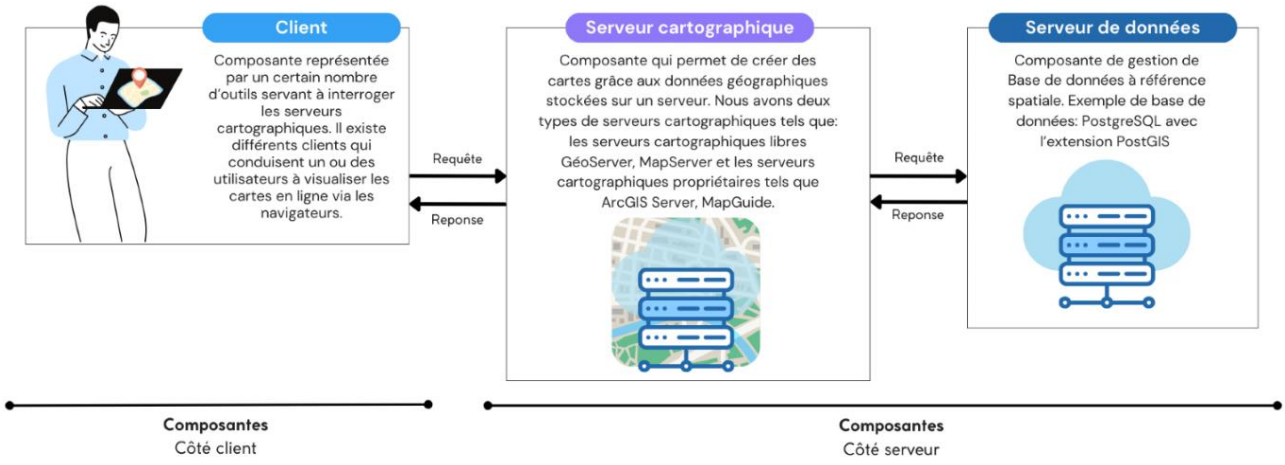


Figure 1 : Composantes détaillées d'un SIG web (inspiré par Germain, 2021 ; Laury et Saysanasy, 2012).

L'architecture d'un SIG web repose sur des composantes de type client-serveur pour effectuer les analyses. Ce modèle répartit les tâches entre le serveur et le client. Le client peut solliciter des données, des outils d'analyse ou des modules spécifiques auprès du serveur. En réponse, le serveur traite la requête et transmet les résultats au client via Internet, ou met à disposition les données et les outils d'analyse directement pour leur utilisation côté client.

2.7.2.2 Composantes côté serveur (*back-end*)

a. Les Systèmes de gestion de bases de données relationnels et non relationnels

Les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) jouent un rôle essentiel dans l'architecture des SIG web en permettant le stockage, la gestion et l'interrogation des données spatiales et attributaires. Deux grandes catégories se distinguent : les SGBD relationnels (SQL : *Structured Query Language*) et les SGBD non relationnels (NoSQL), chacune ayant des caractéristiques adaptées à des besoins spécifiques (Tannir, 2015).

Les SGBD relationnels utilisent une structure tabulaire normalisée pour organiser les données en relations interconnectées via le langage SQL. Ils garantissent la cohérence et l'intégrité des données grâce aux contraintes d'unicité, d'intégrité référentielle et de non-redondance (Elmasri et Navathe, 2016). Cependant, leur rigidité structurelle peut limiter leur adaptabilité face aux bases volumineuses et distribuées. Parmi les principaux SGBD relationnels supportant les données spatiales figurent PostgreSQL/PostGIS, Oracle Spatial et SQL Server (Ponniah, 2003).

En revanche, les SGBD non relationnels (NoSQL) ont été développés pour répondre aux défis du Big Data et de la mise à l'échelle des données massives (Cukier et Mayer-Schoenberger, 2013). Contrairement aux SGBD SQL, ils permettent une gestion plus flexible des données en utilisant des modèles orientés clé-valeur, colonne, document ou graphe (Näsholm, 2012). Des solutions comme MongoDB (document), Cassandra (colonne) et Neo4j (graphe) offrent une grande capacité de stockage et de traitement distribué. Toutefois, leur absence de normalisation stricte peut entraîner une duplication des données et une gestion plus complexe de la cohérence (Mehra, 2019).

En SIG web, le choix entre SQL et NoSQL dépend de la nature et du volume des données. Les bases relationnelles restent privilégiées pour les données spatiales bien structurées, tandis que les solutions NoSQL sont adaptées aux systèmes nécessitant une évolutivité rapide et un stockage distribué (Robert, 2021). Le Tableau 01 synthétise une comparaison entre les deux catégories.

Tableau 1 : Comparaison des bases de données SQL et NoSQL.

Critère	SQL (Bases relationnelles)	NoSQL (Bases non relationnelles)
Modèle de données	Structuré en tables relationnelles (lignes - colonnes)	Modèles de données flexibles : clé-valeur, documents, colonnes larges etc.
Schéma	Fixe et prédéfini.	Flexible
Langage de requête	SQL	Dépend du type de base : MongoDB – Cassandra.
Performance	Optimisé pour des systèmes nécessitant des relations complexes et des transactions multi-tables.	Excellente performance pour de grandes quantités de données non relationnelles, comme les Big Data ou les applications Web.
Scalabilité	Verticale (augmenter les ressources du serveur)	Horizontale (ajout de serveur supplémentaire)
Flexibilité	Moins flexible : tout changement de schéma nécessite de modifier la structure des tables.	Très flexible : permet d'ajouter facilement de nouvelles colonnes ou structures sans impact majeur.
Exemples de bases	MySQL, PostgreSQL, Oracle	MongoDB, Cassandra.
Support des données non structurées	Peu adapté aux données non structurées, comme les documents ou médias.	Conçu pour gérer des données non structurées, semi-structurées ou en grande quantité.
Sécurité	Haute sécurité grâce aux contrôles rigoureux d'accès.	Sécurité dépendante de l'implémentation et des besoins.
Maintenance	Nécessite des administrateurs de base de données expérimentés pour la gestion des schémas et de la performance.	Moins complexe à maintenir, grâce à son modèle sans schéma et à ses capacités de gestion automatique.

b. Serveurs cartographiques

Comme illustré dans la partie centrale de la figure 1, un serveur cartographique est un logiciel hébergé sur un serveur qui permet aux utilisateurs d’accéder à des données géospatiales via un serveur web (http) (SOGEFI, 2023). Ce logiciel convertit l’information géospatiale afin de l’optimiser pour une diffusion en ligne, par exemple, sous forme de services internationaux conformes aux normes de l’OGC (*Open geospatial Consortium*), tels que WMS (*Web Map Service*) ou WFS (*Web Feature Service*), ou encore à travers des services propriétaires, comme ArcGIS développé par ESRI. Le tableau 2 présente une synthèse des serveurs cartographiques les plus connus et couramment utilisés dans l’industrie de la géomatique, en mettant en évidence leurs avantages et inconvénients, afin de guider le choix optimal pour notre projet.

La configuration et la programmation d'un serveur cartographique dépendent de divers paramètres, tels que les formats des données d'entrée, le SGBD utilisé, les systèmes de coordonnées géographiques, ainsi que le style des couches cartographiques. Quel que soit le cas, un serveur cartographique doit impérativement être en mesure de se connecter à plusieurs sources de données pour garantir son efficacité.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des serveurs cartographiques.

Serveur	Définition	Avantages	Inconvénients
GeoServer *(open source)*	Développé en 2001 par The Open Planning Project (TOPP), conçu pour la publication et le partage de données géospatiales en utilisant des standards OGC.	Compatible avec de nombreux formats (Shapefile, GeoTIFF, PostGIS). Open source, extensible via des plugins. Interface intuitive et conviviale. Forte interopérabilité avec d'autres solutions SIG.	Moins performant pour le traitement de grandes quantités de données. Documentation parfois complexe pour l'installation et la configuration. Support professionnel limité comparé aux solutions commerciales.
MapServer *(open source)*	Développé en 1997 par l'Université du Minnesota avec la NASA, optimisé pour la diffusion rapide de cartes web.	Open source, très performant pour des rendus simples. Compatible avec divers serveurs web (Apache, IIS). Intégration possible avec plusieurs langages de programmation (Python, PHP, Perl). Support étendu des normes OGC.	Interface utilisateur moins intuitive. Nécessite des compétences en programmation pour une configuration avancée. Qualité graphique inférieure à celle de GeoServer et ArcGIS Server.
ArcGIS Server (*propriétaire*)	Solution propriétaire développée par ESRI en 1999, destinée aux infrastructures SIG professionnelles et aux grandes organisations.	Fonctionnalités avancées, gestion robuste des accès et autorisations. Compatible avec les normes OGC et bases de données spatiales. Interface conviviale adaptée aux utilisateurs non techniques. Support technique complet et documentation détaillée.	Coût élevé des licences et de l'infrastructure. Dépendance à l'écosystème ESRI, limitant la flexibilité avec d'autres outils. Peut-être gourmand en ressources matérielles.
MapInfo (*propriétaire*)	Développé par MapInfo Corporation (désormais une division de Precisely), utilisé pour la cartographie SIG et l'analyse spatiale.	Interface utilisateur intuitive et rapide. Outils analytiques robustes. Support technique dédié. Bonne compatibilité avec divers formats de données SIG.	Coût élevé des licences. Moins de personnalisation que les solutions open source. Documentation limitée. Moins adapté aux très grands déploiements comparés à ArcGIS Server ou GeoServer.

c. Serveurs web

Dans l'architecture d'un SIG web, les serveurs web jouent un rôle central en facilitant l'accès aux ressources géospatiales et en assurant la communication entre les utilisateurs et les serveurs cartographiques. Ils servent de passerelle entre le *back-end* (serveurs de bases de données et serveurs cartographiques) et le *front-end* (interface utilisateur), en traitant les requêtes HTTP et en

gérant le déploiement des applications web SIG. Un serveur web exécute plusieurs tâches essentielles, notamment :

- L'hébergement des applications SIG web et la gestion des requêtes des utilisateurs.
- La transmission des données sous forme de services web (WMS, WFS, WMTS) entre les clients et les serveurs cartographiques.
- L'optimisation des performances via la mise en cache et la compression des données.
- La sécurisation des échanges en contrôlant l'accès aux ressources SIG via HTTPS et les configurations de pare-feu.

Les serveurs web peuvent être classés en open source et propriétaires, chacun offrant des fonctionnalités spécifiques adaptées aux besoins des SIG web. Une comparaison des serveurs les plus couramment utilisés dans l'architecture SIG sont présentés au tableau 3.

Tableau 3 : Avantages et inconvénients des serveurs web.

Serveur web	Définition	Avantages	Inconvénients
Apache HTTP Server *(open source)*	Développé par la Fondation Apache, c'est l'un des serveurs web les plus populaires, utilisé pour l'hébergement d'applications SIG.	Open source et largement utilisé. Très flexible grâce à une large gamme de modules. Compatible avec la majorité des SIG web et des serveurs cartographiques. Excellente gestion du trafic avec des options avancées de mise en cache.	Configuration complexe pour les utilisateurs débutants. Peut-être gourmand en ressources sur des déploiements lourds.
Jetty (*open source*)	Serveur web et conteneur d'applications Java développé par Eclipse, souvent utilisé pour des SIG web nécessitant des services REST ou des applications Java EE.	Léger et rapide, adapté aux environnements SIG nécessitant des API RESTful. Intégration facile avec GeoServer et d'autres applications Java. Bonnes performances pour les applications à forte charge.	Moins documenté qu'Apache. Configuration parfois plus technique, nécessitant des connaissances en Java.
Microsoft IIS (Internet Information Services) *(propriétaire)*	Serveur web de Microsoft intégré à Windows Server, utilisé pour héberger des applications SIG liées à ArcGIS Server.	Forte intégration avec l'environnement Windows et ArcGIS Server. Sécurisation avancée et gestion efficace des droits d'accès. Interface de gestion graphique simplifiant la configuration.	Limité aux environnements Windows. Licence payante pour certaines fonctionnalités avancées.

2.7.2.3 Composantes côté client (*front-end*)

Dans un SIG web, les composantes côté client (*front-end*) sont responsables de l'affichage et de l'interaction des utilisateurs avec les données géospatiales. Ces technologies permettent de charger des cartes, d'afficher des couches d'information et d'intégrer des outils analytiques directement

dans le navigateur. Parmi ces composantes, on distingue les API cartographiques et les API graphiques, qui assurent une visualisation efficace et interactive des données.

a. Les API cartographiques

Les API cartographiques permettent d'afficher et de manipuler des cartes interactives en ligne. Elles se déclinent en solutions open source et solutions propriétaires, selon les besoins du projet.

Tableau 4 : Avantages et inconvénients des principales API cartographies.

API cartographique	Définition	Avantages	Inconvénients
Leaflet *(open source)*	Bibliothèque JavaScript légère permettant de créer des cartes interactives facilement.	Facile à apprendre et à intégrer dans des projets web. Open source, avec une large communauté. Supporte plusieurs formats de données (GeoJSON, KML, etc.). Extensible via de nombreux plugins.	Moins adapté aux analyses spatiales complexes. Documentation parfois éparse. Nécessite des compétences en JavaScript.
OpenLayers (*open source*)	Bibliothèque JavaScript avancée permettant de visualiser des cartes et de manipuler des données SIG.	Puissante et flexible pour des projets complexes. Compatible avec les normes OGC (WMS, WFS, WMTS). Open source, avec une communauté active.	Plus complexe que Leaflet, avec une courbe d'apprentissage plus longue. Moins intuitif pour les débutants en SIG web.
Google Maps API *(propriétaire)*	API propriétaire de Google permettant d'intégrer des cartes interactives et des données cartographiques.	Base de données cartographique très complète. Interface fluide et optimisée. Supporte les fonctionnalités avancées comme Street View et le routage.	Utilisation payante au-delà d'un certain volume de requêtes. Moins personnalisable que les solutions open source.
ArcGIS API for JavaScript *(propriétaire)*	API développée par ESRI pour l'intégration de cartes et d'analyses SIG avancées sur le web.	Fonctionnalités SIG avancées intégrées (analyses spatiales, géotraitements). Compatible avec ArcGIS Server et ArcGIS Online. Interface bien documentée et support technique ESRI.	Dépendance à l'écosystème ESRI. Licences coûteuses pour certaines fonctionnalités.

b. Les API graphiques

Les API graphiques permettent de visualiser et d'analyser des données sous forme de graphiques dynamiques et interactifs. Elles sont souvent utilisées en complément des API cartographiques pour enrichir les interfaces des SIG web.

Tableau 5 : Avantages et inconvénients des principales API graphiques.

API graphique	Définition	Avantages	Inconvénients
D3.js *(open source)*	Bibliothèque JavaScript permettant la création de visualisations de données interactives en SVG, HTML et CSS.	Très flexible, permet de créer des visualisations personnalisées. Open source, largement utilisé en science des données. Compatible avec de nombreux formats de données (JSON, CSV).	Courbe d'apprentissage élevée, nécessite une bonne maîtrise du JavaScript. Moins optimisé pour les grands ensembles de données.
Chart.js (*open source*)	Bibliothèque JavaScript simple permettant la création de graphiques interactifs (barres, courbes, camemberts, etc.).	Facile à utiliser et intégrer. Open source avec une documentation claire. Bonne performance pour des visualisations simples.	Moins de flexibilité que D3.js. Moins adapté aux analyses avancées.
Highcharts *(propriétaire, gratuit pour usage personnel)*	API permettant la création de visualisations avancées, adaptée aux tableaux de bord interactifs.	Interface intuitive et très performante. Support technique complet. Fonctionnalités avancées (cartographie, animations).	Licence payante pour un usage commercial. Moins personnalisable que D3.js.

2.7.2.4 Les services web : les normes de l'OGC

Les services web géospatiaux définis par l'OGC, sont des protocoles standardisés qui assurent l'interopérabilité entre différentes plateformes et outils dans un SIG web. Ces normes facilitent la diffusion, la manipulation et l'analyse des données géospatiales, en permettant une connexion entre les composants définis auparavant et une accessibilité universelle pour les utilisateurs (Reed, 2017). Grâce à ces standards, les données géospatiales peuvent être partagées et exploitées, répondant ainsi à des besoins variés des utilisateurs (Trevey, 2016).

Le WMS est l'un des services les plus utilisés, car il permet de générer des images de cartes dynamiques à la demande. Ces images raster sont visualisées sur une interface cartographique et peuvent inclure des couches de données superposées provenant de différentes sources (De La Beaujardiere, 2006). Cette approche garantit une visualisation immédiate, sans interagir les données géospatiales.

Le WFS va au-delà de la simple visualisation et offre un accès direct aux données vectorielles. Il permet non seulement de consulter, mais aussi de manipuler les entités géographiques, comme les points, les lignes et les polygones, par des formats standardisés comme GeoJSON (*Geographic JavaScript Object Notation*) ou GML (*Geography Markup Language*). Le WFS est utile dans des contextes où des modifications ou des analyses interactives des données sont nécessaires.

Le WCS (*Web Coverage Service*) fournit des données rasters bruts. Il permet d'accéder à des données continues, comme les images satellites ou les modèles numériques d'élévation. Contrairement au WMS, le WCS restitue les valeurs numériques associées à chaque pixel, offrant ainsi une base pour des analyses détaillées et des calculs complexes (Marcel *et al.*, 2018).

Le WPS (*Web Process Service*) complète l'ensemble des services en permettant l'exécution de traitements géospatiaux complexes directement sur les serveurs. Il facilite des analyses intensives, comme la modélisation des flux hydrologiques ou l'évaluation des risques naturels. En déléguant les calculs lourds aux serveurs, le WPS améliore l'efficacité et réduit la charge sur les dispositifs des utilisateurs (Marcel *et al.*, 2018).

Tableau 6 : Synthèse des différents services web, leurs formats et les requêtes principales.

Services Web	Format	Requêtes
WMS	JPEG / PNG / GIF / GeoTIFF / SVG	GetCapabilities / GetMap / GetFeatureInfo.
WFS	GML	GetCapabilities / DescribeFeatureType / GetFeature.
WCS	GeoTIFF / NetCDF / HDF / JPEG / PNG / GML	GetCapabilities / DescribeCoverage / GetCoverage.
WPS	XML / JSON / GML / GeoJSON / TIFF	GetCapabilities / DescribeProcess / Execute.

2.7.3 Les outils de cartographie web

Les outils de cartographie web offrent des moyens performants pour visualiser, analyser et interagir avec des données géospatiales via des interfaces logicielles adaptées. On distingue principalement deux grandes catégories : les logiciels SIG traditionnels et les plateformes web cartographiques. Les logiciels SIG traditionnels sont des applications de bureau qui fournissent des outils avancés d'analyse spatiale et de gestion des bases de données géospatiales. Ils sont particulièrement adaptés aux traitements complexes, comme l'analyse multicritère ou la modélisation spatiale, et sont souvent utilisés en amont avant la diffusion des résultats en ligne. En revanche, les interfaces cartographiques web permettent d'afficher et de manipuler des données directement depuis un navigateur, sans nécessiter d'installation locale. Elles sont idéales pour la diffusion des résultats auprès d'un large public et pour des usages collaboratifs, grâce à des outils interactifs qui facilitent l'exploration des données.

2.7.3.1 Les interfaces logicielles SIG

Les SIG constituent des outils indispensables pour répondre aux besoins des professionnels travaillant dans des domaines variés tels que la foresterie (Bowie *et al.*, 2014 ; Galle *et al.*, 2021 ; Miraglio *et al.*, 2023 ; Tanhuanpää *et al.*, 2014). Parmi les logiciels SIG les plus couramment utilisés, on retrouve ArcGIS et QGIS, chacun offrant des caractéristiques spécifiques répondant à des besoins diversifiés (Trevey, 2016).

ArcGIS est reconnu pour sa puissance et ses fonctionnalités avancées, propose une gamme d'outils permettant de réaliser des analyses spatiales complexes, de gérer des bases de données géospatiales volumineuses et de produire des visualisations cartographiques de haute qualité (Martin *et al.*, 2011). Sa plateforme associée, ArcGIS Online, facilite le partage des cartes et des analyses sur le web, renforçant ainsi la collaboration et le partage des informations géographiques. ArcGIS s'intègre également avec d'autres outils de la suite ESRI, offrant une solution complète et cohérente pour la gestion des projets géospatial (ArcGIS Dashboards, s. d.).

Tableau 7 : Avantages et inconvénients des principales interfaces logicielles SIG.

Logiciel SIG	Définition	Avantages	Inconvénients
QGIS *(open source)*	Logiciel SIG libre et gratuit, permettant de manipuler et d'analyser des données spatiales avec une grande compatibilité de formats.	Open source, sans coût de licence. Large communauté et mises à jour fréquentes. Extensible via des plugins et compatible avec PostGIS. Automatisation possible avec Python (PyQGIS).	Interface parfois moins intuitive que celle d'ArcGIS. Performances limitées pour les très grandes bases de données. Support technique dépendant de la communauté.
ArcGIS Pro (propriétaire)	Logiciel SIG développé par ESRI, offrant des outils avancés pour l'analyse et la cartographie spatiale.	Interface ergonomique et intégration avec ArcGIS Online. Outils de géotraitement avancés et compatibilité avec divers formats. Support technique professionnel et documentation complète.	Licence coûteuse. Dépendance à l'écosystème ESRI. Consommation importante de ressources système.
FME Desktop *(propriétaire)*	Plateforme spécialisée dans la transformation, l'intégration et la conversion de données spatiales entre différents formats.	Automatisation avancée des flux de données. Support de nombreux formats SIG et bases de données spatiales. Interface intuitive sans nécessité de programmation.	Coût élevé des licences. Principalement conçu pour le traitement de données, moins pour l'analyse SIG complète.

QGIS, en revanche, représente une alternative open source, associée à une vaste compatibilité avec différents formats de données comme GeoJSON, GML et Shapefile, en fait un choix privilégié pour les projets nécessitant des personnalisations spécifiques (QGIS Documentation, s. d.). QGIS bénéficie de mises à jour fréquentes et d'une multitude de plugins qui étendent ses fonctionnalités,

rendant possible l'intégration avec des bases de données spatiales comme PostgreSQL/PostGIS ou des outils de visualisation web tels que GeoServer. Il permet une automatisation des tâches grâce à l'utilisation de scripts Python, ce qui le rend adapté pour des projets nécessitant des workflows complexes ou répétitifs (Steiniger et Hunter, 2012).

2.7.3.2 Les interfaces logicielles web

Les interfaces logicielles web rendent les données géospatiales accessibles et interactives pour un large éventail d'utilisateurs, développées à l'aide de technologies avancées telles que Leaflet ou OpenLayers. Ces interfaces permettent de visualiser, d'analyser et de manipuler des informations géographiques directement depuis un navigateur web. Leur caractère intuitif et interactif les rend adaptées aussi bien aux experts qu'aux non-spécialistes, contribuant ainsi à la démocratisation de l'accès aux données géospatiales (Mericskay, 2021)

En outre, les interfaces logicielles web intègrent des outils d'analyse interactive, permettant aux utilisateurs d'interroger les couches de données en temps réel, d'effectuer des recherches spatiales ou de générer des rapports spécifiques. Des fonctions telles que la mesure des distances, la création de buffers ou l'identification des attributs d'entités géographiques sont souvent intégrées, facilitant ainsi des analyses personnalisées adaptées aux besoins des utilisateurs (ArcGIS Pro, s. d.).

Tableau 8 : Avantages et inconvénients des principales interfaces logicielles web.

Interface web	Définition	Avantages	Inconvénients
ArcGIS Online (*propriétaire*)	Plateforme cloud d'ESRI permettant de créer, partager et héberger des cartes interactives avec des outils d'analyse spatiale.	Outils SIG avancés et intégration avec ArcGIS Pro. Interface conviviale et intuitive. Accès à de nombreux jeux de données et services cartographiques.	Coût élevé pour certaines fonctionnalités avancées. Dépendance à l'écosystème ESRI. Complexité accrue pour les utilisateurs non-initiés.
Mapbox Studio *(propriétaire, modèle freemium)*	Plateforme cartographique permettant de concevoir des cartes personnalisées et dynamiques.	Rendu vectoriel performant. Personnalisation avancée des styles de cartes. API bien documentée et intégration facile avec OpenLayers et Leaflet.	Coût croissant selon l'usage. Courbe d'apprentissage pour la personnalisation avancée.
Carto *(propriétaire, modèle freemium)*	Outil de cartographie cloud offrant des analyses spatiales avancées et des visualisations interactives.	Interface intuitive, adaptée aux non-experts. Analyse de données spatiales optimisée pour le Big Data. Compatibilité avec diverses sources de données (PostGIS, Google BigQuery).	Fonctionnalités avancées payantes. Moins personnalisable que Mapbox pour l'apparence des cartes.

L'expression « propriétaire, modèle freemium » signifie que le logiciel est détenu et distribué par une entreprise privée (propriétaire) et qu'il propose à la fois une version gratuite avec des fonctionnalités limitées et une version payante pour des options avancées.

Ces interfaces sont également renforcées par l'intégration de tableaux de bord interactifs, qui combinent des visualisations cartographiques avec des graphiques, des tableaux et des indicateurs clés, et ces outils de visualisation rendent l'exploration des données dynamique pour les utilisateurs (Gonzalez *et al.*, 2010). Ces tableaux de bord offrent une vue synthétique des données, permettant une prise de décision rapide et éclairée (ArcGIS Online, s. d.). Si nous prenons notre projet comme exemple, un tableau de bord peut afficher la couverture forestière, les données de l'inventaire et les services écosystémiques de chaque arbre urbain, offrant un outil précieux pour la gestion durable de cette ressource.

En supprimant la nécessité d'installer des logiciels spécialisés, les interfaces web permettent au public, d'accéder aux informations géographiques via des plateformes accessibles et simple à utiliser. Cette accessibilité favorise la démocratie de l'information et améliore la transparence dans des domaines tels que la planification gouvernementale et la surveillance environnementale.

2.7.4 Bilan du point « Géomatique et foresterie »

Au terme de cette analyse, ArcGIS Online apparaît comme l'outil le plus pertinent pour répondre aux objectifs du projet. En tant que plateforme cloud robuste, il permet une gestion centralisée des données, une visualisation interactive et l'utilisation d'outils analytiques avancés. Grâce à ses fonctionnalités, il facilite l'intégration de tableaux de bord dynamiques, offrant ainsi une vue synthétique des données forestières, optimisant la prise de décision et favorisant l'engagement citoyen. L'un des principaux atouts d'ArcGIS Online est son Tableau de bord ArcGIS (ArcGIS Dashboard), qui améliore la visualisation intuitive des données issues de l'inventaire des arbres urbains. Cet outil permet d'explorer des indicateurs clés, tels que la répartition des espèces, l'état sanitaire des arbres et les services écosystémiques qu'ils procurent. Il offre également une accessibilité accrue aux gestionnaires urbains et au grand public, renforçant ainsi la transparence et la gestion durable des forêts urbaines. L'implémentation d'une cartographie interactive des arbres urbains à Sherbrooke via ArcGIS Online et son tableau de bord s'inscrit pleinement dans les objectifs du projet. Ce choix ne se justifie pas seulement par sa capacité à répondre efficacement à la problématique de la gestion et de la valorisation des forêts urbaines, mais aussi par sa flexibilité et sa simplicité d'utilisation, qui garantissent une maintenance aisée du système mis en place. Le tableau suivant présente une comparaison entre ArcGIS Online et d'autres solutions

cartographiques web, en fonction de plusieurs critères essentiels tels que l'accès serveur, la facilité de codage et la possibilité de génération de modèles spatiaux :

Tableau 9 : Aide à la décision de la solution choisie.

Nom	Accès serveur	Utilisation	Accès à la documentation	Open Source	Facilité de codage	Possibilité de génération de modèles spatiaux
ArcGIS Online	++	++	++	-	+	++
Mapbox	+	++	+	-	+	-
Carto	+	++	+	-	+	-

3 Matériels et méthodes

3.1 Site d'étude

Portait général

Sherbrooke est une ville située dans la région administrative de l'Estrie, à environ 140 km à l'est de Montréal. Elle s'étend sur une superficie de 366,1 km² et comptait une population estimée à 184 667 habitants fin 2024 (Ville de Sherbrooke, 2024d). En tant que pôle économique, culturel et institutionnel de l'Estrie, elle regroupe une grande concentration de services, notamment en éducation et en santé. Son territoire est divisé en six arrondissements : Brompton, Fleurimont, Jacques-Cartier, Lennoxville, Mont-Bellevue et Rock-Forest–Saint-Élie–Deauville. L'urbanisation de la ville est structurée autour des rivières Magog et Saint-François, qui traversent le centre-ville et ont historiquement favorisé son développement industriel et commercial (Castonguay et Fougères, 2007). Environ 114,5 km² équivalent à 31.3 % de son territoire est urbanisé, tandis que 135,4 km² équivalent à 37 % est en zone agricole et 116,3 km² équivalent à 31.8 % en milieu rural (Ville de Sherbrooke, 2024c). Malgré son caractère de plus en plus urbain, la ville conserve une forte présence d'espaces verts, avec plus de 108 parcs et espaces naturels (Ouranos, 2013).

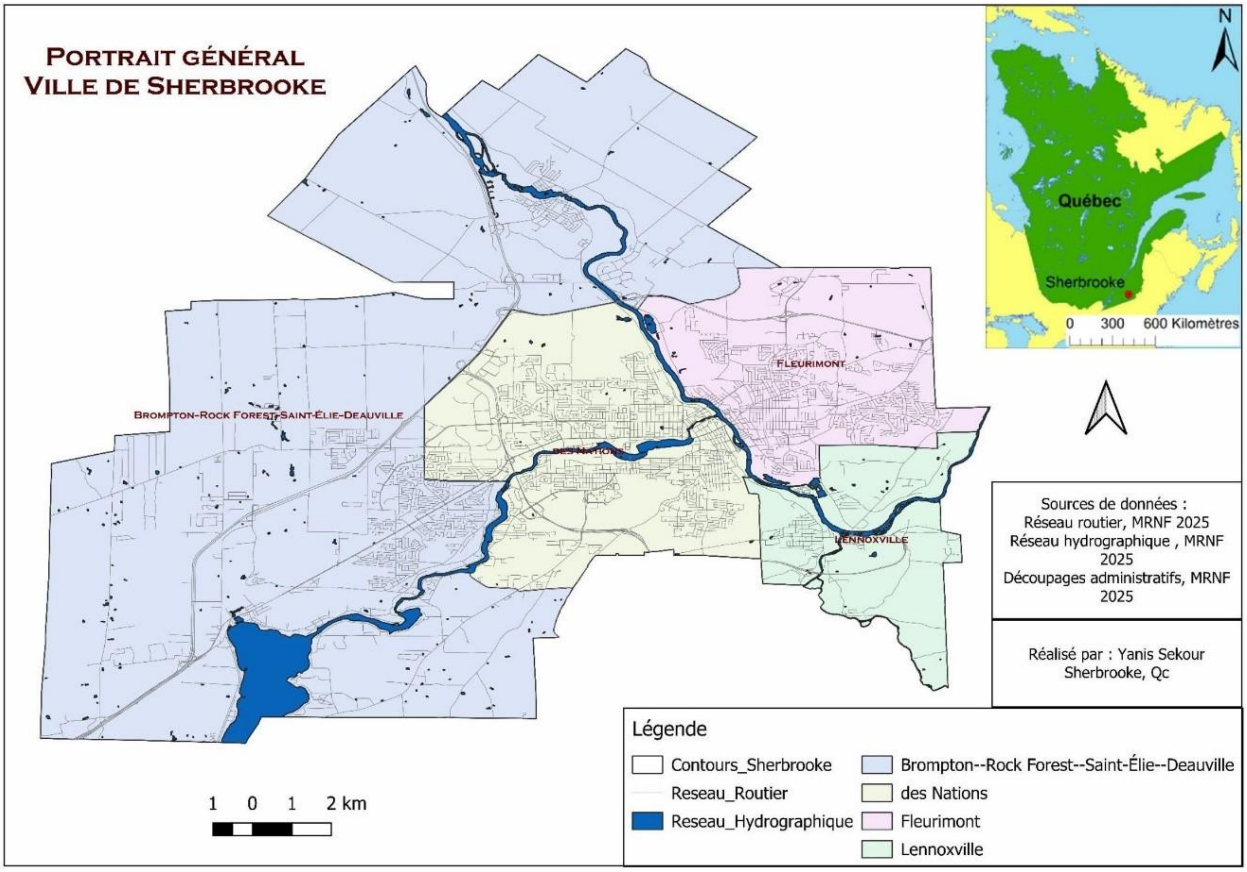


Figure 2 : Carte illustrant la localisation et le portrait général de la ville de Sherbrooke.

Portrait écoforestier

Sherbrooke se distingue par son riche patrimoine forestier, avec environ 50 % de son territoire couvert par des milieux boisés regroupant 48 peuplements forestiers différents (Statistique Canada, 2024). Son indice de canopée de 42 % en fait l'une des villes les plus végétalisées du Québec après Gatineau. Cette canopée est composée à 70 % de boisés urbains et à 30 % d'arbres isolés, répartis principalement sur des terrains privés (78 %) et dans les zones résidentielles (40 %) (Ville de Sherbrooke, 2024a). Cependant, cette couverture n'est pas équitablement répartie, certaines communautés locales, comme celles situées au centre-ville et à l'est, affichent un taux de canopée inférieur à 30 %, tandis que les quartiers commerciaux et industriels présentent des indices encore plus faibles, respectivement 20 % et 29 %. Cette inégalité accentue les effets des îlots de chaleurs urbains (figure 3), qui couvrent environ 15 % du périmètre urbain et peuvent affecter la santé des populations vulnérables, notamment les personnes âgées et les ménages à faible revenu (Ville de Sherbrooke, 2024d). Face à ces enjeux, la municipalité s'est engagée dans plusieurs stratégies de verdissement visant à renforcer la résilience climatique et améliorer la qualité de vie de ses

citoyens tel que le plan nature, plan climat et la politique de l'arbre et du verdissement (Ville de Sherbrooke, 2021, 2024a, 2024d).

Nos zones d'études (figure 4) ont été sélectionnées pour des raisons à la fois pratiques et scientifiques. D'une part, les zones 2 et 3 pour leur proximité avec les campus universitaires de Sherbrooke et Bishop's, ont fait des terrains propices à l'enseignement et à la recherche. D'autre part, la zone 1 localisée en plein cœur urbain de la ville de Sherbrooke, offre une opportunité d'analyser et d'évaluer la richesse et la diversité structurelle des arbres.

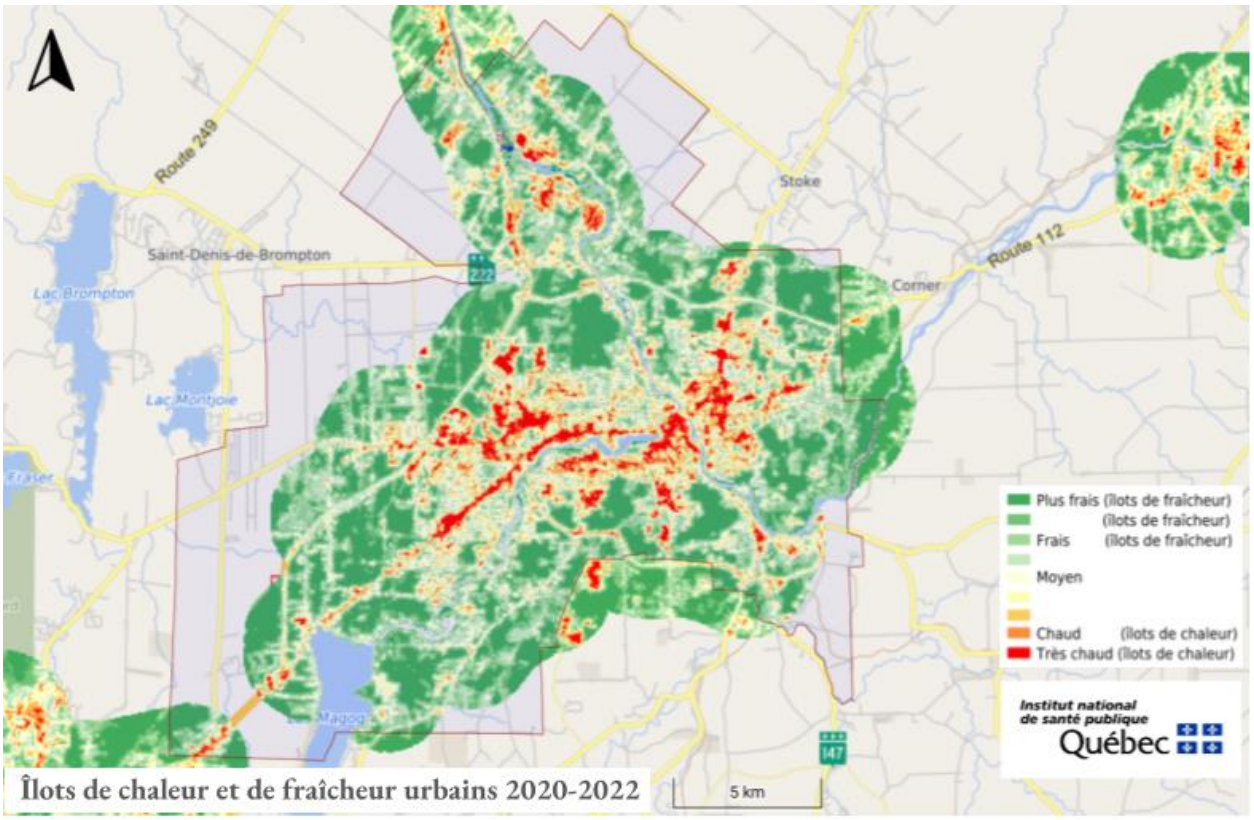


Figure 3 : Carte illustrant les îlots de chaleurs et les îlots de fraîcheurs de la ville de Sherbrooke.

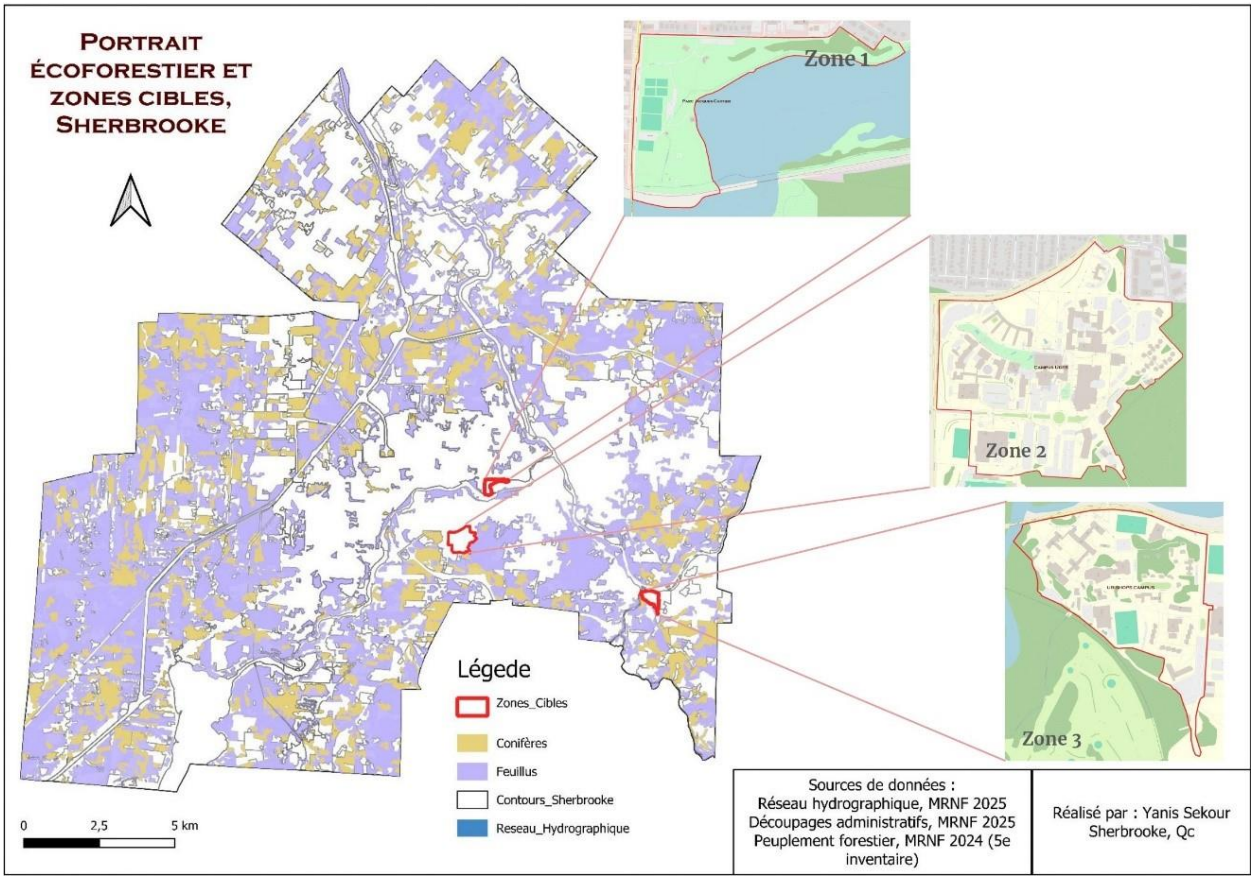


Figure 4 : Carte illustrant le portrait écoforestier de la ville de Sherbrooke et les zones cibles dans l'étude.

3.2 Données

Dans le cadre de cette étude, un ensemble diversifié de données est mobilisé afin de mener les analyses quantitatives et d'alimenter l'interface cartographique web. Ces données sont regroupées en deux catégories principales : les inventaires d'arbres et les données de représentation géographique.

Inventaire ciblé du projet

Trois inventaires distincts ont été utilisés pour cette étude afin de recenser et analyser les arbres urbains de Sherbrooke. Parmi eux, un inventaire ciblé a été réalisé spécifiquement dans le cadre du projet, tandis que les deux autres proviennent de bases de données existantes. L'inventaire ciblé a été mené à l'été 2024, dans le cadre d'une collaboration entre l'Université Bishop's et l'Université de Sherbrooke. Il couvre un total de 1 806 arbres, répartis sur trois zones distinctes de

la ville : le campus de l'Université de Sherbrooke, le parc Jacques-Cartier et le campus de l'Université Bishop's (figure 02). Chaque arbre a été géoréférencé par GPS lors des relevés de terrain, garantissant ainsi une précision spatiale optimale. Les données collectées pour chaque arbre comprennent plusieurs variables essentielles à l'analyse : l'identification botanique, incluant le nom de l'espèce en latin, en français et en anglais. Les caractéristiques morphologiques, telles que le DHP et la hauteur de l'arbre. L'état physiologique, noté en fonction de l'apparence et de la santé générale de l'arbre. Les coordonnées géographiques (longitude et latitude), assurant une localisation précise de chaque individu. L'inventaire municipal de 2023, fourni par la Ville de Sherbrooke, constitue une base de données essentielle pour obtenir une vue d'ensemble des arbres urbains sur l'ensemble du territoire. Il recense un total de 33 541 arbres, chacun étant géolocalisé avec précision. Bien que cette base de données soit relativement fluide et simple, elle présente certaines limites. Elle ne contient que deux variables principales : le nom de l'espèce en latin et le diamètre de l'arbre. Toutefois, la nature exacte du diamètre mesuré n'est pas précisée, ce qui peut introduire une certaine ambiguïté dans l'interprétation des données. Malgré ces limitations, la qualité des données spatiales a été confirmée, notamment par une vérification des points de la zone 1 à l'aide d'une superposition cartographique. Cette validation assure une bonne précision de la localisation des arbres, ce qui en fait un jeu de données pertinent pour une analyse globale de la canopée urbaine et la planification du verdissement à Sherbrooke.

Inventaire écoforestier du Québec méridional (2025) : produit par le Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF), constitue une base de données de référence pour la caractérisation des peuplements forestiers sur l'ensemble du territoire québécois. Cet inventaire, mis à jour sur un cycle d'environ 10 ans, repose sur une méthodologie rigoureuse combinant photo-interprétation, relevés de terrain et analyses géospatiales. Les données de l'IEQM sont représentées sous forme de cartes écoforestières au 1 :20 000, couvrant un territoire d'environ 550 000 km². Chaque unité cartographique correspond à un polygone d'au minimum 1 hectare, dans lequel les peuplements forestiers sont interprétés par des experts à partir de photographies aériennes haute résolution (20 cm depuis 2018). Les informations contenues dans l'inventaire incluent : la composition des peuplements forestiers (essences dominantes et structure verticale), la densité et la hauteur des arbres, l'âge des peuplements, le type de couvert (résineux, feuillu ou mixte), les perturbations naturelles et anthropiques (feux, chablis, interventions forestières), les types écologiques et conditions de drainage. Bien que cet inventaire ne soit pas spécifiquement dédié

aux forêts urbaines, il fournit une base précieuse pour l'analyse des paysages forestiers de Sherbrooke, permettant de contextualiser les peuplements urbains par rapport à leur environnement naturel. L'analyse spatiale et la visualisation cartographique s'appuient également sur plusieurs couches géographiques issues des bases de données officielles MRNF : le réseau routier, extrait de la géobase routière du Québec, qui couvre l'ensemble du territoire et permet d'intégrer la trame urbaine dans l'analyse. Le réseau hydrographique, issu de la géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ), qui fournit les tracés des cours d'eau et des plans d'eau influençant la répartition des arbres. Le découpage administratif, disponible à différentes échelles, essentiel pour contextualiser les zones d'étude en fonction des limites municipales et des quartiers. Enfin, des photos d'arbres ont été utilisées pour enrichir la documentation visuelle de l'inventaire. Ces images proviennent du livre : les arbres du Canada de John Laird, Farrar (2013). Le tableau 10 présente une synthèse des données utilisées dans cette étude, en détaillant leurs sources, formats et descriptions spécifiques.

Tableau 10 : Données utilisées dans le cadre de l'essai.

CATEGORIE	NOM DE LA DONNEE	SOURCE	ANNEE	FORMAT	DESCRIPTION
INVENTAIRE	Inventaire du Projet	Équipe de recherche	2024	*Excel*	Données de l'inventaire détaillé réalisé par l'équipe de recherche en été 2024.
	Inventaire de la ville de Sherbrooke	Ville de Sherbrooke	2023	*SHP*	Données de l'inventaire réalisé par la ville de Sherbrooke.
	Peuplement forestier de la ville de Sherbrooke	MRNF	2024	*SHP*	Cartographie du 5e inventaire écoforestier du Québec méridional.
REPRESENTATION GÉOGRAPHIQUE	Réseau routier	MRNF	2025	*SHP*	Géobase routière qui couvre tout le Québec.
	Réseau hydrographique	MRNF	2025	*SHP*	Géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ).
	Découpages administratifs	MRNF	2025	*SHP*	Découpage administratif a différentes échelles.
	Photos arbres	(Williams, 2008)	2008	*JPEG*	Photos numérisées du livre : Les arbres du Canada de John Laird Farrar.

3.3 Méthodologie

La démarche méthodologique adoptée dans cette étude repose sur deux axes principaux : d'une part, une revue de la littérature permettant d'établir un cadre conceptuel et une base de connaissances sur la foresterie urbaine, et d'autre part, le développement d'une interface cartographique interactive visant à visualiser et analyser la distribution des arbres urbains à

Sherbrooke (figure 5). Cette méthodologie permet de structurer l'information collectée et de l'exploiter pour une meilleure compréhension de la forêt urbaine et de ses implications dans la lutte contre les îlots de chaleur urbains.

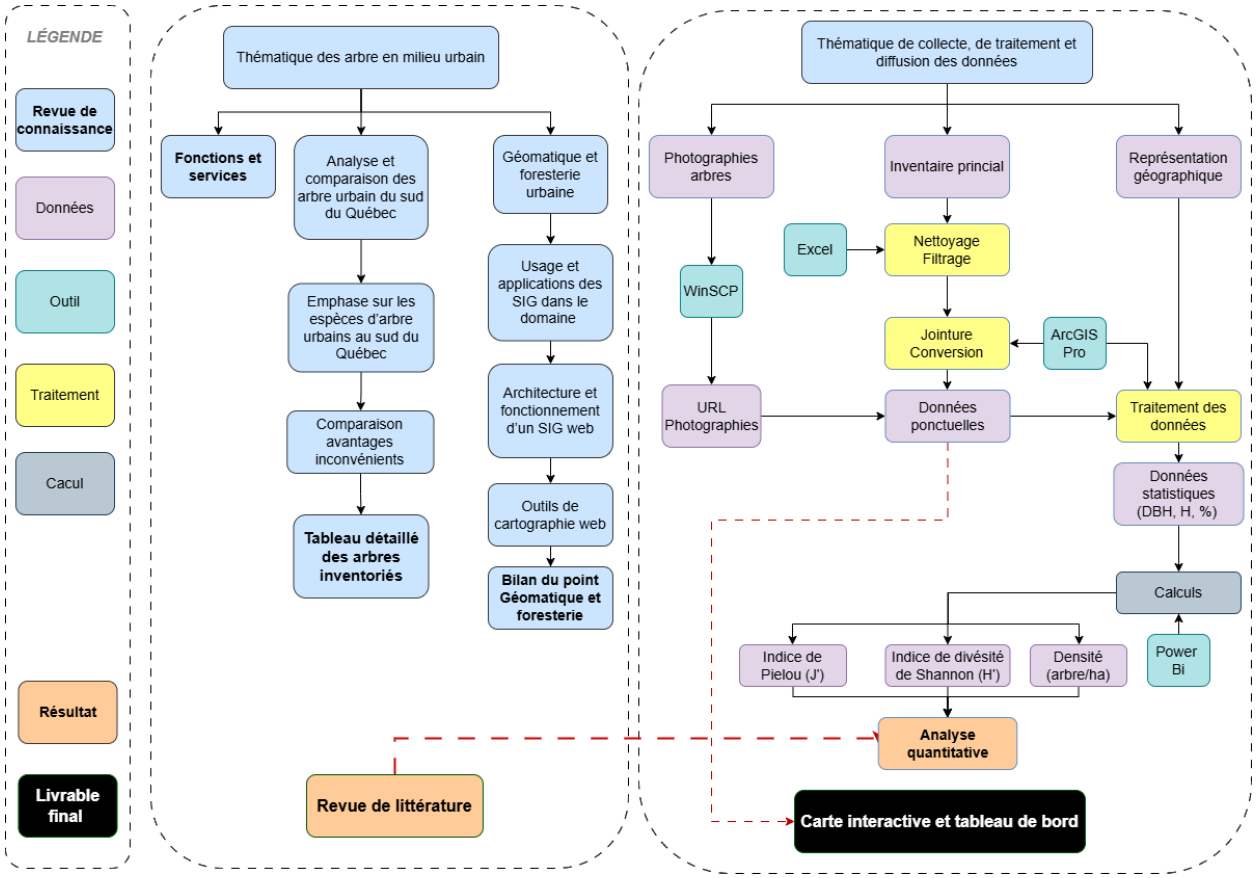


Figure 5 : Diagramme méthodologue du projet.

3.3.1 Revue de littérature

La revue de littérature a constitué une étape essentielle du projet, permettant de contextualiser les enjeux liés aux arbres en milieu urbain (figure 4). L'objectif de cette revue était d'extraire des informations pertinentes pour enrichir la compréhension des caractéristiques des arbres urbains et de leur rôle dans l'atténuation des îlots de chaleur. Dans le cadre de cette revue, une attention particulière a été portée à la structuration des connaissances sur les espèces d'arbres présentes dans l'inventaire. Un tableau synthétique a été élaboré (Annexe 3), répertoriant chaque espèce avec ses principales caractéristiques tel que le statut, l'habitat, le genre, le type, les avantages et inconvénients. Ce tableau a permis de guider l'analyse comparative et d'offrir une base solide pour la sélection des espèces favorables à la résilience urbaine de Sherbrooke.

3.3.2 Préparation et traitement des données d'inventaire principal

La préparation et le traitement des données de l'inventaire principal utilisé dans ce projet, et réalisé par l'équipe Bishop's-UdS, constituent une étape fondamentale pour assurer la qualité et la fiabilité des analyses subséquentes. Cette phase inclut plusieurs opérations, allant de la structuration des données brutes à leur normalisation et leur intégration dans des outils d'analyse et de visualisation spatiale dans un SIG web.

Les données issues de l'inventaire principal, recueillies sur le terrain à l'aide de GPS, ont d'abord été consolidées sous un format tabulaire structuré. Un contrôle rigoureux de la qualité des données a été effectué afin d'identifier et de corriger d'éventuelles incohérences, notamment des erreurs de géoréférencement ou des données manquantes. Une fois la base de données validée, un processus de standardisation a été appliqué pour harmoniser les classifications taxonomiques des espèces. Cette harmonisation permet d'assurer la comparabilité des données et d'intégrer des informations complémentaires sur les caractéristiques écologiques et la répartition des espèces. Les données géospatiales ont ensuite été traitées dans un environnement SIG afin de générer des couches d'information facilitant l'analyse spatiale et la cartographie. Les points représentant les arbres inventoriés ont été superposés aux limites administratives et aux couches environnementales (réseau hydrographique, zones d'aménagement urbain) afin d'examiner la distribution spatiale des espèces en fonction des caractéristiques du territoire.

3.3.3 Analyse quantitative et caractérisation de la forêt urbaine

L'analyse quantitative a porté sur la structure et la composition des arbres recensés dans les trois zones d'étude : le Parc Jacques-Cartier (zone 1), le campus de l'Université de Sherbrooke (zone 2) et le campus de l'Université Bishop's (zone 3). L'objectif principal était d'évaluer la diversité spécifique, la répartition spatiale et les caractéristiques structurelles des peuplements à l'aide des données collectées de l'inventaire principal du projet. Pour caractériser ces aspects, plusieurs variables ont été prises en compte, notamment le nom des espèces, le nombre d'individus par espèce, la hauteur des arbres et le DHP. Cependant, ces variables seules ne permettent pas d'obtenir une vision détaillée de la structure et de la diversité de la forêt urbaine. Afin de fournir une analyse plus approfondie, nous avons sélectionné des indices couramment utilisés en foresterie et en écologie urbaine, permettant d'évaluer la diversité et la distribution des arbres dans les différentes zones. Le choix de ces indices repose sur leur pertinence pour quantifier la densité, la diversité et

la répartition des espèces. Ils permettent d'éviter les biais liés à la simple comptabilisation des arbres et d'intégrer une dimension écologique plus fine. Le tableau 11 présente ces indices, accompagnés de leur définition, de leur mode de calcul et de leur interprétation.

Tableau 11 : Grille des indices et données utilisés dans l'analyse quantitative.

INDICE	DEFINITION	ÉQUATION	INTERPRETATION	SOURCE
% DE COUVERTURE DE LA VEGETATION ARBOREE	Représente la proportion d'arbres d'une zone spécifique par rapport au total des arbres dans l'inventaire.	$N_p = \left(\frac{N_{zone}}{N_{total}}\right) \times 100$	Pourcentage élevé : zone plus boisée Pourcentage faible : zone moins boisée	
DENSITÉ (ARBRE/HA)	Mesure qui exprime le nombre d'arbres par hectare.	$D = \frac{N_{zone}}{Sup_{zone}}$	Densité élevée signifie que la zone est très boisée et que les arbres sont proches les uns des autres. Densité faible indique un espace plus ouvert, où les arbres sont plus éloignés	
L'INDICE DE SHANNON (H')	Mesure utilisée en écologie pour quantifier la diversité spécifique d'un écosystème.	$H = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ log_b \ p_i$	H' élevé : Forte diversité H' faible : Faible diversité H' = 0 : Une seule espèce est présente	(Grosjean et Engels, 2021)
INDICE D'EQUITABILITE DE PIELOU (J')	Permet de mesurer l'équitabilité des espèces dans un écosystème.	$J = \frac{H}{H_{max}}$	J'≈1 : Les individus sont répartis équitablement entre les espèces. J'≈0 : Une ou quelques espèces dominent fortement.	(Grosjean et Engels, 2021)

Le choix de ces indices repose sur la nécessité d'obtenir une vision détaillée de la structure des peuplements forestiers en milieu urbain : le pourcentage de couverture de la végétation arborée permet d'évaluer l'occupation spatiale de la canopée, une donnée essentielle pour comprendre l'influence des arbres sur les microclimats urbains et l'atténuation des îlots de chaleur. La densité d'arbres (arbres/ha) apporte une information sur le nombre d'individus présents dans chaque zone, mais présente des biais liés aux jeunes arbres. L'indice de Shannon (H') est un indicateur classique de diversité spécifique, essentiel pour comprendre la répartition des espèces et éviter les monocultures à risque en milieu urbain. L'indice d'équitabilité de Piélou (J') fournit une mesure complémentaire en évaluant l'homogénéité de la répartition des espèces, ce qui permet de détecter des déséquilibres écologiques. En combinant ces indices, l'analyse permet de mieux comprendre la dynamique des peuplements forestiers urbains et d'orienter les stratégies de gestion et de verdissement.

3.3.4 Développement de l'interface cartographique interactive

La conception d'une interface cartographique interactive s'est imposée comme une nécessité afin de structurer, analyser et diffuser efficacement les données issues de l'inventaire des arbres urbains. Cette interface repose sur l'intégration d'ArcGIS Online et d'ArcGIS Dashboard, qui permettent d'héberger les données spatiales et d'offrir une visualisation dynamique adaptée aux besoins des parties prenantes. Son développement s'inscrit dans une approche méthodologique visant à assurer une représentation cohérente des informations géographiques et attributaires, tout en garantissant une accessibilité pour les gestionnaires municipaux, les chercheurs et les citoyens. L'élaboration de cette interface a nécessité en premier lieu une structuration des données afin d'assurer leur compatibilité et leur exploitation dans un environnement SIG interactif. Les principales sources d'information utilisées incluent l'inventaire principal du projet, qui regroupe les données collectées sur le terrain concernant les espèces, la hauteur et le DHP des arbres recensés, ainsi que leur statut écologique. En complément, l'inventaire municipal de Sherbrooke a été intégré afin de fournir une vue d'ensemble de la couverture arborée à l'échelle de la ville. Par ailleurs, des couches contextuelles ont été ajoutées, incluant les limites administratives et les zones d'étude définies pour cette recherche. Avant leur intégration, ces données ont été normalisées et préparées afin d'assurer leur homogénéité et leur interopérabilité avec les outils cartographiques interactifs. Une fois la structuration des données finalisée, la conception de la carte interactive a été réalisée en prenant en compte des principes de lisibilité et d'ergonomie. Le choix du fond de carte s'est porté sur un modèle optimisé permettant une lecture fluide des données thématiques sans altérer leur interprétation. L'assemblage des différentes couches d'information a été effectué en veillant à une représentation claire et précise des éléments spatiaux et attributaires. La configuration de la symbologie et des styles graphiques a été pensée pour distinguer efficacement les différentes espèces d'arbres, tout en garantissant une visibilité adéquate à diverses échelles d'affichage. Afin d'enrichir l'interaction avec l'utilisateur, des fenêtres contextuelles dynamiques (pop-ups) ont été intégrées, permettant d'accéder instantanément aux caractéristiques détaillées de chaque arbre recensé.

En parallèle à la cartographie interactive, un tableau de bord analytique a été mis en place afin d'apporter des outils de synthèse et d'exploration approfondie des données. Ce tableau de bord intègre plusieurs indicateurs analytiques facilitant la compréhension des dynamiques forestières

urbaines, notamment la répartition des espèces et l'état des peuplements arborés. La mise en œuvre de ces éléments graphiques a permis de structurer l'information sous une forme visuelle intuitive, facilitant ainsi l'interprétation des tendances spatiales et des caractéristiques écologiques des arbres urbains. En complément, divers outils interactifs ont été ajoutés pour renforcer l'expérience utilisateur, incluant des fonctionnalités de mesure de distances et de surfaces, de recherche de localisation et d'activation/désactivation des couches d'information. L'ergonomie de l'interface a été optimisée afin de garantir une navigation fluide et une accessibilité accrue pour les utilisateurs finaux. L'ensemble de ces développements méthodologiques a abouti à une plateforme interactive offrant une exploration dynamique et analytique des données d'inventaire. Cette interface constitue ainsi un outil permettant de faciliter la prise de décision en matière de gestion forestière urbaine et de renforcer la transparence et l'accessibilité des données environnementales pour les différents acteurs impliqués.

4 Résultats

4.1 Contribution de la littérature à l'analyse de la forêt urbaine

La littérature met en évidence l'importance des arbres en milieu urbain à travers une approche multidimensionnelle intégrant leurs bénéfices environnementaux, leur gestion réglementaire et les stratégies d'optimisation de leur implantation. D'un point de vue écologique, les arbres urbains jouent un rôle fondamental dans l'atténuation des îlots de chaleur, interceptant jusqu'à 90 % du rayonnement solaire et réduisant les températures de surface grâce à l'évapotranspiration. Par ailleurs, ils améliorent significativement la qualité de l'air en filtrant les particules fines (PM2.5), en absorbant les gaz polluants tels que le CO_2 et en contribuant à la réduction des concentrations d'ozone, limitant ainsi les risques sanitaires respiratoires et cardiovasculaires. Sur le plan historique et réglementaire, la foresterie urbaine au Canada a évolué vers une diversification des essences et une préservation accrue de la canopée urbaine, en réponse aux vulnérabilités causées par les monocultures et les maladies arboricoles (ex. : maladie hollandaise de l'orme). Cette transition s'est traduite par la mise en place de politiques publiques, notamment depuis les années 1990, favorisant la résilience des forêts urbaines face aux perturbations climatiques. À Sherbrooke, cette vision se concrétise à travers la Politique de l'arbre et du verdissement et l'adoption de l'approche 3-30-300, qui vise à maximiser la présence des arbres dans l'environnement urbain

pour en optimiser les bénéfices. L'encadrement des forêts urbaines repose également sur un cadre réglementaire structuré impliquant le niveau municipal, provincial et fédéral. Au Québec, le Plan Nature 2030 constitue une initiative clé visant à protéger la biodiversité urbaine, tandis qu'à l'échelle canadienne, le programme des 2 milliards d'arbres s'inscrit dans une logique de renforcement de la résilience urbaine face aux changements climatiques. L'optimisation de la gestion des forêts urbaines repose non seulement sur ces stratégies réglementaires et politiques, mais aussi sur une approche technologique intégrée. Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) ont été identifiés dans la littérature comme des outils stratégiques permettant d'améliorer la planification, la surveillance et la gestion des peuplements forestiers en milieu urbain. L'exploitation de données spatiales favorise une prise de décision éclairée quant aux zones à prioriser pour le verdissement, la sélection des espèces adaptées aux contraintes urbaines et l'analyse des risques environnementaux.

Ainsi, la littérature souligne la nécessité d'adopter une approche multidimensionnelle et intégrée pour assurer une gestion efficace et durable des forêts urbaines. L'interaction entre bénéfices environnementaux, réglementation, planification stratégique et technologies géospatiales constitue un levier essentiel pour maximiser les effets positifs des arbres en ville et répondre aux défis climatiques contemporains.

4.2 Analyse de la structure et de la distribution des arbres de l'inventaire principal

4.2.1 Vue d'ensemble

L'inventaire réalisé sur les trois zones étudiées met en évidence des différences notables en termes de nombre d'arbres, de densité, de diversité spécifique et d'équitabilité. La zone 3 (campus Bishop's) se distingue par le plus fort nombre d'arbres, totalisant 994 individus, soit 55,04 % de l'ensemble de l'inventaire. En comparaison, la zone 2 (campus Sherbrooke) comprend 487 arbres (26,97 %), tandis que la zone 1 (Parc Jacques-Cartier) en compte 325 (18 %) (tableau 12).

Tableau 12 : Indices et données permettant l'analyse quantitative.

	Zone 1 (*Parc Jacques-Cartier*)	**Zone 2** (*Campus Sherbrooke*)	**Zone 3** (*Campus Bishop's*)	**Total**
Nombre d'arbre (%)	325 (*18%*)	487 (*26.97%*)	994 (*55.04%*)	1806 (*100%*)
Densité (arbre/ha)	21.67	8.82	46.83	19.25
Indice de diversité de Shannon (H)	2.59	3.43	3.59	3.73

Indice d'équitabilité de Pielou (J')	0.77	0.84	0.82	0.80
Nombre d'espèce	29	58	81	107
Superficie (ha)	15.9	55.2	22.7	93.8

La densité d'arbres varie considérablement entre les zones. La zone 3 présente la densité la plus élevée avec 46,83 arbres par hectare, suggérant une occupation végétale importante et un rôle potentiel dans la régulation thermique et la qualité de l'air. À l'inverse, la zone 2 affiche la densité la plus faible (8,82 arbres/ha), indiquant une répartition plus dispersée des arbres, possiblement en raison des infrastructures et des aménagements spécifiques du campus. La zone 1, présente une densité intermédiaire de 21,67 arbres/ha.

L'analyse de la diversité spécifique, mesurée par l'indice de Shannon (H'), révèle des écarts marqués entre les zones. La zone 3 se distingue par une diversité plus élevée (H' = 3,59), traduisant une plus grande richesse spécifique et une répartition plus équilibrée des espèces. La zone 2 suit avec un indice de 3,43, tandis que la zone 1 présente la diversité la plus faible (H' = 2,59), suggérant une domination par un nombre restreint d'espèces. Cette tendance est corroborée par l'indice d'équitabilité de Pielou (J'), qui indique une meilleure distribution des espèces dans les zones 2 (J'= 0,84) et 3 (J'= 0,82), tandis que la zone 1 (J'= 0,77) affiche une moins bonne répartition des abondances relatives.

Enfin, l'analyse des classes de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) fournit une vision globale de la structure des peuplements arborés. Les données sont présentées dans le tableau 13 permettent d'évaluer la dynamique de croissance au sein du territoire étudié.

Tableau 13 : Grille de répartition du DHP des arbres présents dans l'inventaire ciblé du projet.

Classe de DHP	Nombre d'arbres	Nombre d'espèces
DHP < 0.10 m	48	27
0.10 < DHP < 0.50 m	425	72
DHP > 0.50 m	1099	72

La répartition des classes de DHP dans l'inventaire global met en évidence une forte proportion d'arbres matures, avec 1099 individus (soit une large majorité) appartenant à la classe DHP > 0.50 m. Cette dominance des grands diamètres suggère que la majorité du peuplement a atteint un stade avancé de développement, caractéristique d'un couvert végétal relativement stable et bien établi.

En parallèle, la classe intermédiaire DHP entre 0.10 et 0.50 m regroupe 425 individus, représentant ainsi un segment important du peuplement. La diversité spécifique au sein de cette classe (72 espèces) est identique à celle des arbres de grand diamètre, ce qui indique que la richesse spécifique du peuplement est maintenue à travers les différentes classes de taille, du moins pour les arbres dépassant 10 cm de diamètre. Cette tendance peut être interprétée comme le reflet d'une régénération modérée mais fonctionnelle, où plusieurs espèces parviennent à s'établir et à croître jusqu'à atteindre des diamètres plus importants.

À l'opposé, la classe DHP < 0.10 m ne compte que 48 individus et 27 espèces, une faible représentation qui suggère un taux de régénération limité. La faible abondance d'arbres de petit diamètre peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment une pression concurrentielle élevée exercée par les arbres matures, qui limitent la disponibilité en lumière et en ressources pour les jeunes semis. De plus, l'absence de régénération active par plantation ou intervention humaine pourrait également expliquer cette tendance. Toutefois, il est également possible que les arbres de plus petit diamètre correspondent à des plantations récentes, ce qui pourrait indiquer une volonté de renouvellement du couvert arboré. Si tel est le cas, leur faible représentation dans l'inventaire actuel reflète davantage un effet temporel qu'un déficit structurel de régénération. Un suivi à long terme de ces individus permettrait de mieux évaluer leur taux de survie et leur contribution future à la diversité et à la stabilité des peuplements urbains.

4.2.2 Analyse par zone

4.2.2.1 Zone 1 (Parc Jacques-Cartier)

L'inventaire du Parc Jacques-Cartier est la première zone que nous allons analyser individuellement. Située en plein centre urbain de Sherbrooke, cette zone constitue une opportunité d'étude permettant d'analyser et d'évaluer la richesse et la diversité structurelle des arbres. La délimitation de cette zone a été vectorisée manuellement dans un SIG afin de permettre l'analyse spatiale et le calcul des variables citées au point 4.2.1. L'inventaire a recensé un total de 325 arbres, répartis sur 29 espèces différentes, illustrant une diversité modérée en milieu urbain. L'analyse de la composition spécifique révèle une dominance marquée du pin sylvestre (*Pinus sylvestris*, 29.54 %), suivi de l'érable argenté (*Acer saccharinum*, 12.92 %), de l'érable rouge (*Acer rubrum*, 8.62 %) et du chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*, 6.15 %).

4.2.2.1.1 Analyse de la répartition des arbres en fonction du type (zone 1)

L'analyse de la répartition des arbres par type dans la zone 1 (Parc Jacques-Cartier) met en évidence une prédominance des feuillus, qui représentent 62,15 % de la végétation recensée, soit 202 individus, contre 37,85 % de conifères (123 individus). La cartographie révèle une répartition hétérogène des feuillus dans l'ensemble du parc, tandis que les conifères sont davantage présents en périphérie nord et est ainsi qu'en ligne au centre (figure 6).

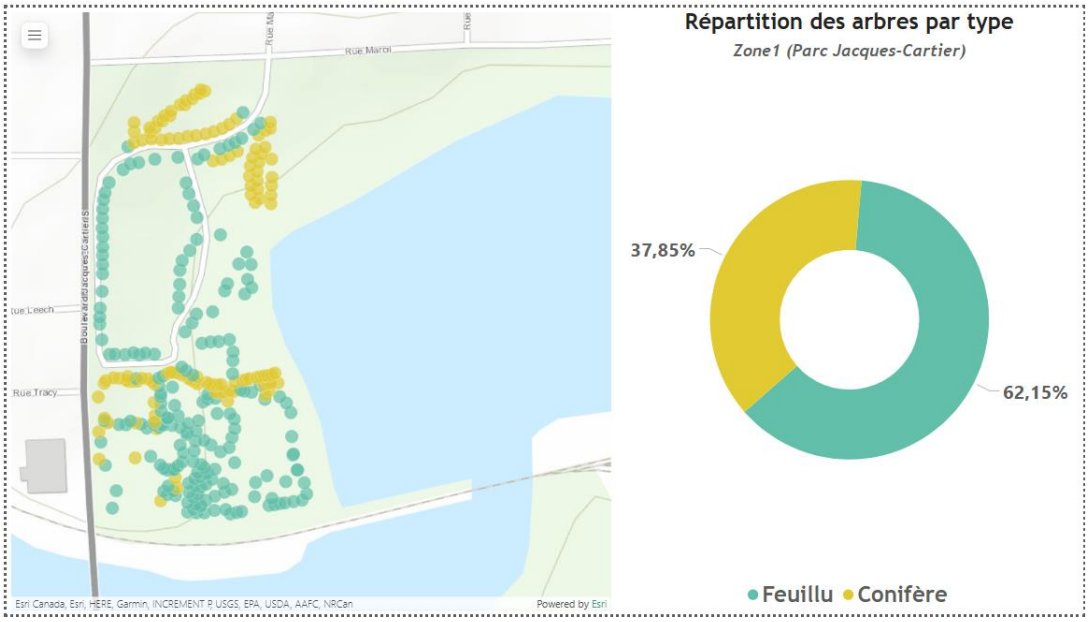


Figure 6 : Distribution des arbres de l'inventaire de la zone 1 par type.

4.2.2.1.2 Analyse de la répartition des arbres en fonction du statut (zone 1)

L'analyse de la distribution des arbres selon leur statut écologique dans la zone 1 (Parc Jacques-Cartier) met en évidence une nette dominance des espèces indigènes, représentant 64,31 % du total des arbres, soit 209 individus. Les espèces naturalisées constituent 30,46 % (99 individus), tandis que les espèces introduites sont minoritaires, avec seulement 5,23 % (17 individus) (figure 7).

L'analyse cartographique met en évidence une distribution différenciée des arbres selon leur statut écologique. Les espèces indigènes, bien que largement majoritaires, présentent une répartition hétérogène et fragmentée à travers l'ensemble du parc. Les espèces naturalisées, malgré leur origine non indigène, se sont bien établies et se concentrent particulièrement dans la zone nord, en périphérie et en bordure du plan d'eau, mais aussi au centre du parc. Cette répartition, très similaire à celle observée dans l'analyse précédente, suggère que ces espèces sont en grande partie des

conifères. Quant aux espèces introduites, elles restent peu fréquentes et apparaissent de manière dispersée, principalement dans la zone sud-ouest du parc.

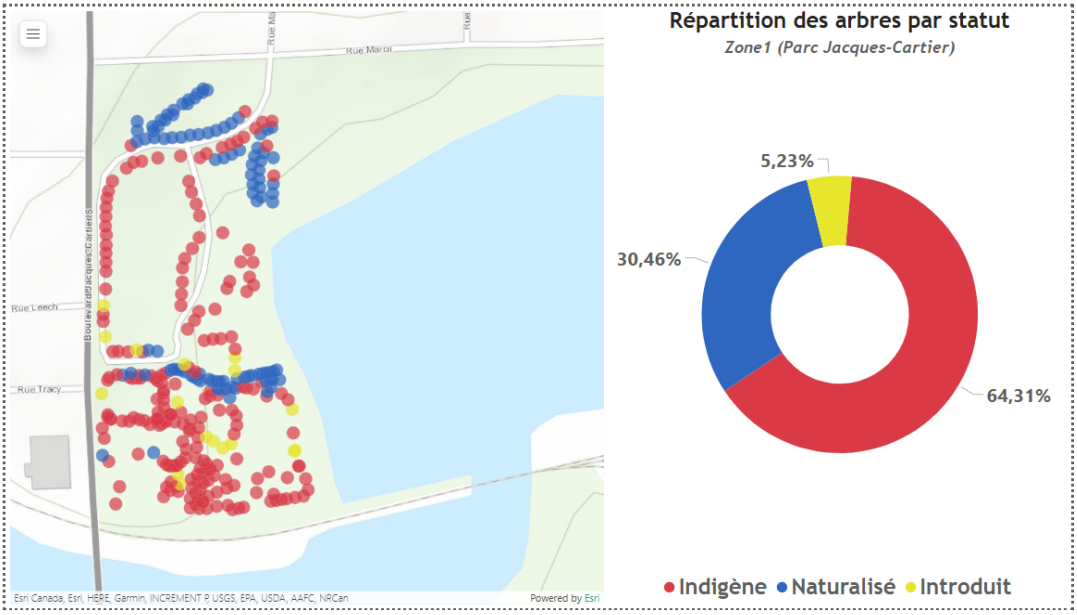


Figure 7 : Distribution des arbres de l'inventaire de la zone 1 par statut.

4.2.2.1.3 Analyse de la répartition des arbres en fonction du genre (zone 1)

L'analyse de la répartition des arbres selon leur genre dans la zone 1 (Parc Jacques-Cartier) sur la figure 8 met en évidence une forte dominance des pins (*Pinus*, 32,31 %) et des érables (*Acer*, 26,46 %), représentant ensemble 58,77 % du total des arbres. D'autres genres, comme le chêne (*Quercus*, 11,38 %), les peupliers (*Populus*, 4,92 %) et les ormes (*Ulmus*, 4,62 %), bien que moins représentés, contribuent néanmoins à la diversité du couvert forestier (tableau 14).

Une disparité ressort de cette répartition, bien que l'analyse précédente ait montré une dominance des feuillus (62,15 %) par rapport aux conifères (37,85 %), le genre le plus représenté est le pin (*Pinus*), une espèce conifère. Cette observation nuance l'interprétation initiale de la répartition des types d'arbres. Les érables (*Acer*) et les chênes (*Quercus*) sont quant à eux répartis de manière diffuse à travers l'ensemble du parc. Enfin, le reste des espèces se concentre principalement dans la partie sud-ouest, où les plantations sont regroupées à faible distance les unes des autres.

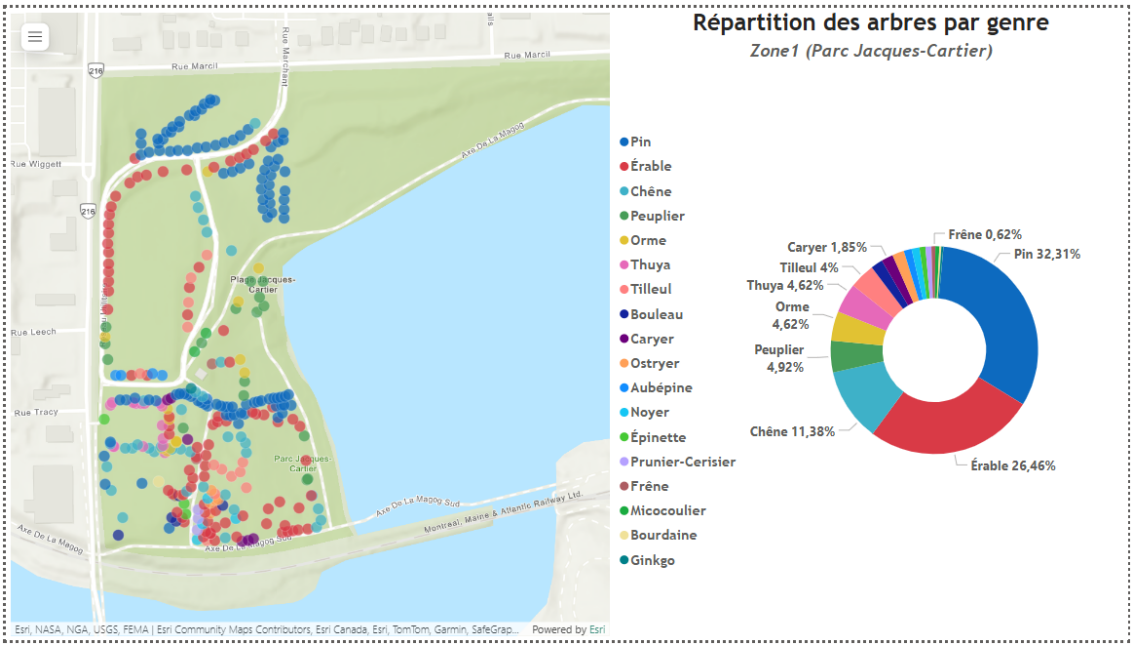


Figure 8 : Distribution des arbres de l'inventaire de la zone 1 par genre.

Tableau 14 : Les genres les plus abondants dans la zone 1.

Genre		Pourcentage %	Nombre d'arbre
Latin	**Français**		
Pinus	Pin	32.31	105
Acer	Érable	26.46	86
Quercus	Chêne	11.38	37
Populus	Peuplier	4.92	16
Ulmus	Orme	4.62	15
Thuja	Thuya	4.62	15
Tilia	Tilleul	4	13

4.2.2.2 Zone 2 (Campus principal de l'université de Sherbrooke)

Le campus principal de l'Université de Sherbrooke, en tant qu'infrastructure de recherche, constitue un site stratégique pour l'étude des forêts urbaines et la gestion arboricole. La zone d'étude a été délimitée en vectorisant manuellement les contours du campus dans un SIG, en se basant sur le plan officiel de l'université. Toutefois, seule la partie est du campus a été incluse dans l'analyse, excluant les infrastructures sportives à l'ouest, ce qui peut influencer l'exactitude des résultats, tout en offrant une vision représentative de la répartition arboricole. L'inventaire a recensé 487 arbres appartenant à 58 espèces différentes, mettant en évidence une diversité

significative. Les espèces dominantes sont l'érable argenté (*Acer Saccharinum*, 10.06 %), l'épinette bleue (*Picea pungens*, 7.80 %), le chêne rouge (*Quercus rubra*, 7.60 %) et l'érable à sucre (*Acer saccharum*, 6.16 %).

4.2.2.2.1 Analyse de la répartition des arbres en fonction du type (zone 2)

L'inventaire des arbres du campus principal de l'université de Sherbrooke révèle une forte prédominance des feuillus, qui représentent 77,21 % de la population arboricole, soit 376 individus. En comparaison, les conifères constituent 22,79 % de l'inventaire, avec un total de 111 individus. Cette répartition est clairement illustrée sur la carte, où les feuillus sont représentés en vert et les conifères en jaune. La densité élevée de feuillus s'observe particulièrement dans les zones centrales et périphérique nord du campus, tandis que les conifères apparaissent en groupes plus restreints (figure 9).

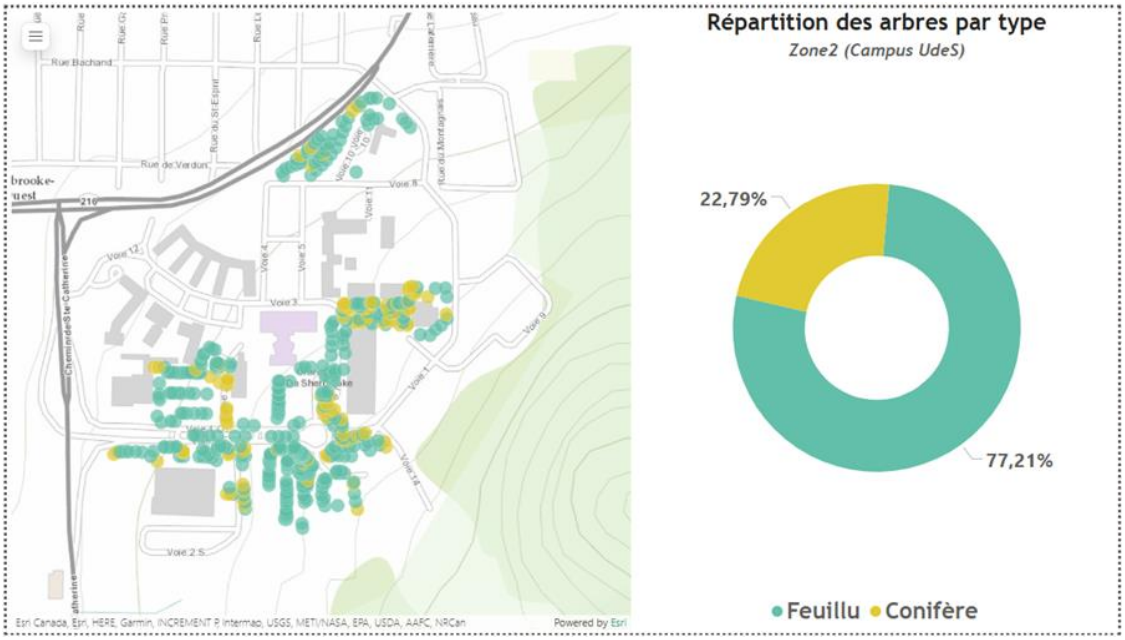


Figure 9 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 2 par type.

4.2.2.2.2 Analyse de la répartition des arbres en fonction du statut (zone 2)

L'inventaire de la zone 2 met en évidence une forte prédominance des espèces indigènes, qui représentent 62,22 % de la population arboricole, soit 303 individus, les espèces introduites, comptant 129 individus (26,49 %), enfin, les espèces naturalisées, avec 55 individus (11,29 %).

La distribution des arbres selon leur statut montre une homogénéité spatiale (figure 10). Les arbres, par leurs statuts, sont réparties de façon uniforme et équitable.

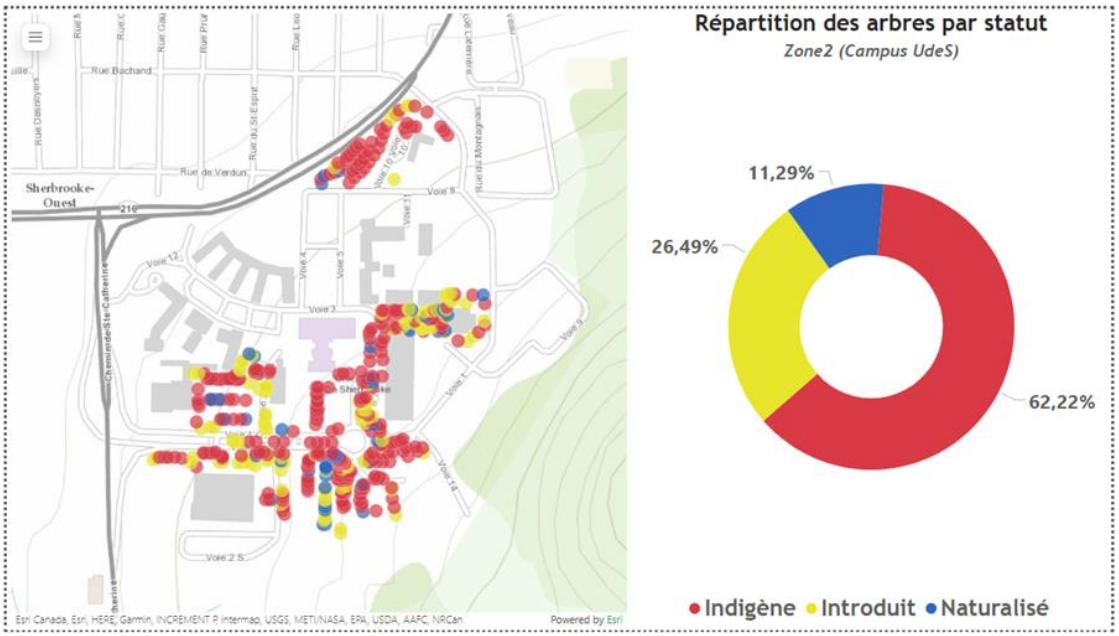


Figure 10 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 2 par statut.

4.2.2.2.3 Analyse de la répartition des arbres en fonction du genre (zone 2)

L'inventaire des arbres du campus de l'université de Sherbrooke met en évidence une diversité de genres listés dans le tableau 15, avec une nette prédominance de l'érable (*Acer*), qui représente 27,93 % de la population arboricole. D'autres genres significatifs complètent cette diversité comme le chêne (*Quercus*) avec 14,17 %, représenté principalement par le chêne rouge (*Quercus rubra*) et le chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*), l'épinette (*Picea*, 13,96 %), ce genre regroupe des conifères persistants, le tilleul (Tilia, 5,95 %) et le frêne (*Fraxinus*, 5,54 %), ces genres, bien que moins dominants, jouent un rôle clé dans la structuration du couvert arboré du campus.

La carte de la figure 11 illustre cette diversité par une répartition hétérogène des genres à travers le campus. L'érable (*Acer*), le chêne (*Quercus*) et l'épinette (*Picea*) sont largement distribués sur l'ensemble du site, tandis que d'autres genres tels que le hêtre (*Fagus*), le thuya (*Thuja*), ou l'olivier (*Elaeagnus*), se retrouvent en petites concentrations spécifiques, suggérant des plantations ciblées pour des fonctions particulières.

Tableau 15 : Les genres les plus abondants dans la zone 2.

Genre		Pourcentage %	Nombre d'arbre
Latin	**Français**		
Acer	Érable	27.93	136
Quercus	Chêne	14.17	69
Picea	Épinette	13.96	68
Tilia	Tilleul	5.95	29
Fraxinus	Frêne	5.54	27
Gleditsia	Févier	4.72	23

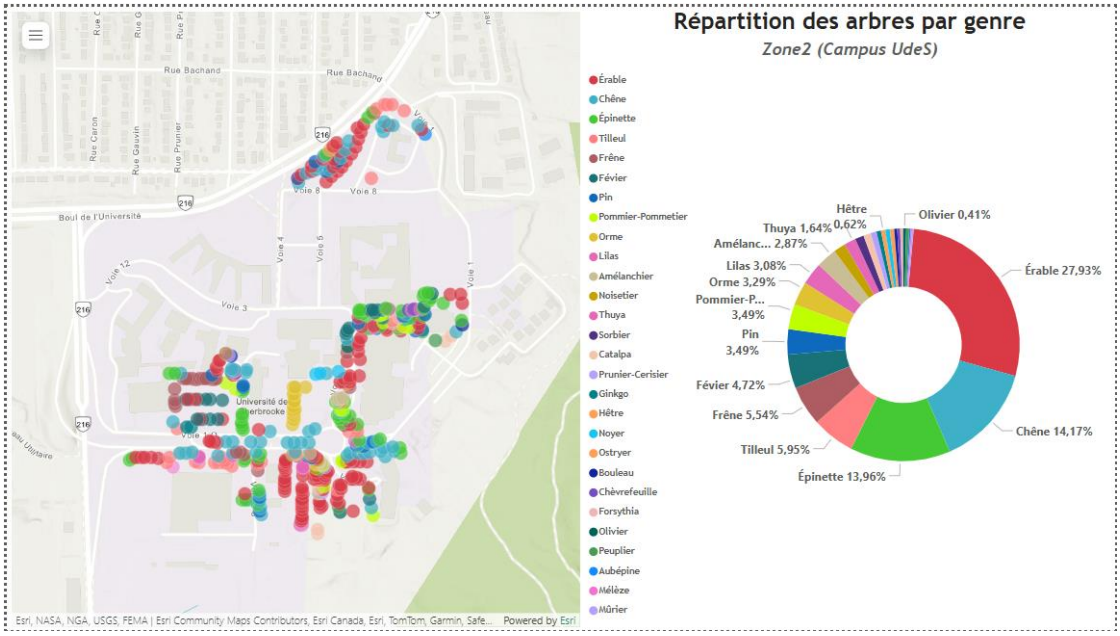


Figure 11 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 2 par statut.

4.2.2.3 Zone 3 (Campus de l'université de Bishop's)

À l'instar du campus principal de l'Université de Sherbrooke, le campus de l'Université de Bishop's constitue une infrastructure universitaire de recherche, offrant un cadre privilégié pour l'étude et la gestion des arbres en milieu urbain. La délimitation de la zone d'étude a été réalisée en vectorisant manuellement les contours du campus à partir du plan officiel de l'université. L'analyse a pris en compte plusieurs secteurs représentatifs du couvert arboré du campus, notamment *Historic Frontage*, *Champlain College*, *The Heart of the Campus*, *Residential District*, *Backyard*, *Student Residences* et *Main Entrance*. Toutefois, certaines portions du territoire, à savoir *Riverfront*, les installations sportives et le golf, ont été exclues de l'analyse. Cette restriction

méthodologique peut influencer l'exactitude des résultats globaux, mais permet néanmoins de dresser un portrait représentatif de la répartition arboricole du campus.

L'inventaire initial comptait 1063 arbres, mais après un processus de nettoyage et de validation des données, le nombre final d'arbres recensés s'élève à 994 individus, répartis sur 88 espèces différentes. L'analyse de la composition spécifique met en évidence une forte dominance de pin blanc (*Pinus strobus*) avec 12.88 %, suivi de l'épinette blanche (*Picea glauca*, 7.14 %), le chêne rouge (*Quercus rubra*, 6.74 %) et l'érable à sucre (*Acer saccharum*, 6.34 %). La prédominance de ces espèces, qui comprennent à la fois des conifères et des feuillus, témoigne d'un équilibre entre résilience climatique et diversité écologique dans la gestion arboricole du campus.

4.2.2.3.1 Analyse de la répartition des arbres en fonction du type (zone 3)

L'analyse de la répartition des arbres par type sur le campus de l'Université de Bishop's met en évidence une prédominance des feuillus, qui représentent 65,39 % de la population arboricole, soit 650 individus. En comparaison, les conifères constituent 34,61 %, avec un total de 344 individus. Cette distribution reflète d'ailleurs une tendance générale observée dans les trois zones d'études. La cartographie (figure 12) illustre une répartition relativement homogène des feuillus et des conifères sur l'ensemble du campus, témoignant d'une gestion équilibrée du couvert arboré. Toutefois, nous observons dans la partie est du campus qu'une rue est exclusivement bordée de feuillus.

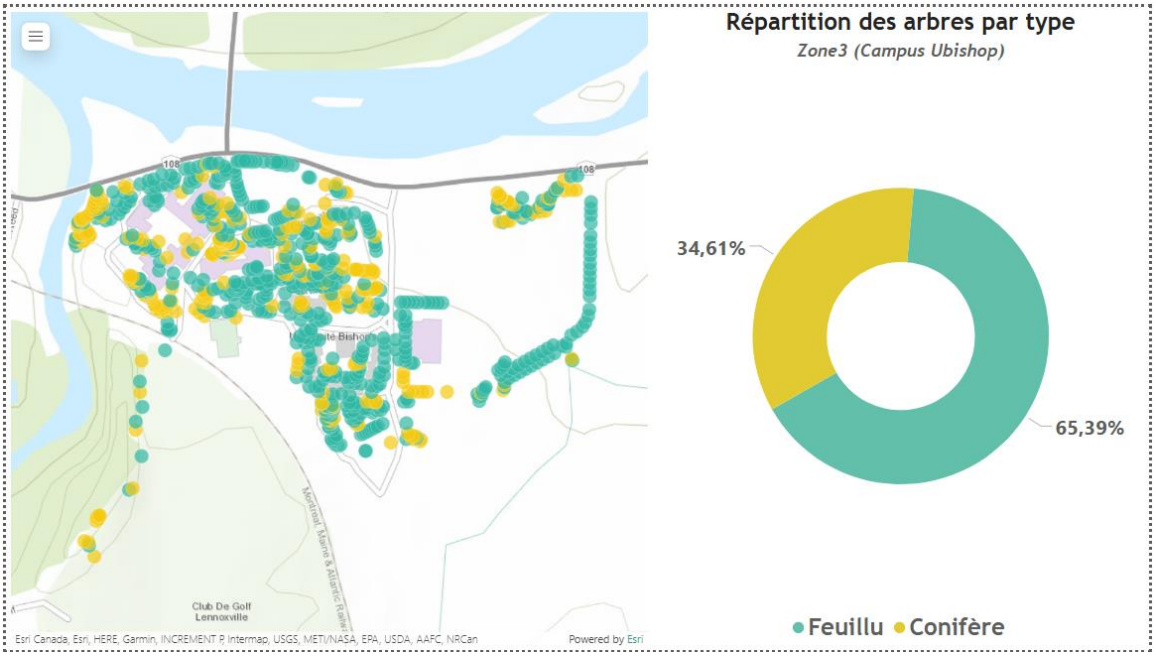


Figure 12 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 3 par type.

4.2.2.3.2 Analyse de la répartition des arbres en fonction du statut (zone 3)

L'inventaire des arbres du campus de l'Université de Bishop's met en évidence une forte prédominance des espèces indigènes, qui représentent 74,55 % de la population arboricole, soit 741 individus. Cette proportion élevée reflète probablement un peuplement naturel, où la dynamique écologique et la proximité du milieu riverain ont favorisé le maintien d'un couvert forestier dominé par des espèces locales. Les espèces introduites constituent 14,49 % de l'inventaire, soit 144 individus. Les espèces naturalisées, bien que non indigènes, représentent 8,85 % de la population arboricole (88 individus). Enfin, une faible proportion d'arbres hybrides est recensée, avec 21 individus avec 2,11 %.

D'un point de vue spatial, la répartition des arbres selon leur statut est relativement homogène (figure 13), bien que l'on observe une concentration marquée des espèces indigènes à travers l'ensemble du campus, renforçant ainsi le caractère naturel du site. Les espèces introduites et naturalisées apparaissent dispersées, sans regroupements significatifs, ce qui suggère une intégration progressive dans le couvert arboré existant. Quant aux espèces hybrides, elles sont réparties de manière fragmentée dans le campus.

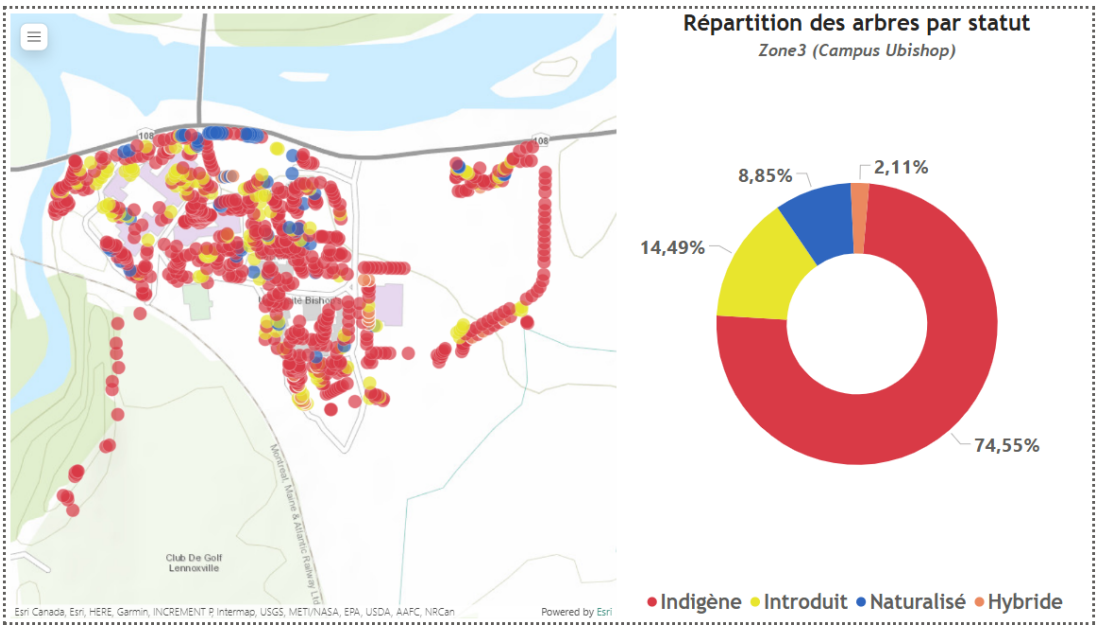


Figure 13 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone 3 par statut.

4.2.2.3.3 Analyse de la répartition des arbres en fonction du genre (Zone 3)

Au même titre, on remarque une dominance marquée de certaines familles d'arbres (tableau 16). L'érable (*Acer*) est le plus représenté, avec 17 % de la population arboricole, soit 169 individus. Le pin (*Pinus*) suit de près, avec 16,6 % de l'inventaire (165 individus). Le chênes (*Quercus*) occupent la troisième place, avec 10,56 % de l'inventaire (105 individus). L'épinette (*Picea*) est également bien représentée soit, 9,05 % avec 90 individus, ce qui renforce la présence de conifères sur le campus. Enfin, deux genres d'arbres à vocation ornementale et fruitière complètent cette classification, les lilas (*Syringa*) 7,24 % avec 72 individus et le pommier-pommetier (*Malus*) 6,04 % avec 60 individus, souvent planté dans les espaces verts institutionnels pour leur floraison et leur attractivité pour la biodiversité.

La carte figure 14 met en évidence une répartition hétérogène des genres sur le campus. Les genres à forte concentration (*Acer, Pinus, Quercus et Picea*) sont bien distribués sur l'ensemble du site, tandis que les genres comme (*Syringa, Malus, Prunus*) sont plus concentrés dans certaines zones spécifiques, traduisant potentiellement des choix de plantation ciblés pour répondre à des besoins écologiques particuliers, cela va de soit pour le reste de genres.

Tableau 16 : Les genres les plus abondants dans la zone 3.

Genre		Pourcentage %	Nombre d'arbre
Latin	**Français**		
Acer	Érable	17	169
Pinus	Pin	16.6	165
Quercus	Chêne	10.56	105
Picea	Épinette	9.05	90
Syringa	Lilas	7.24	72
Malus	Pommier-Pommetier	6.04	60

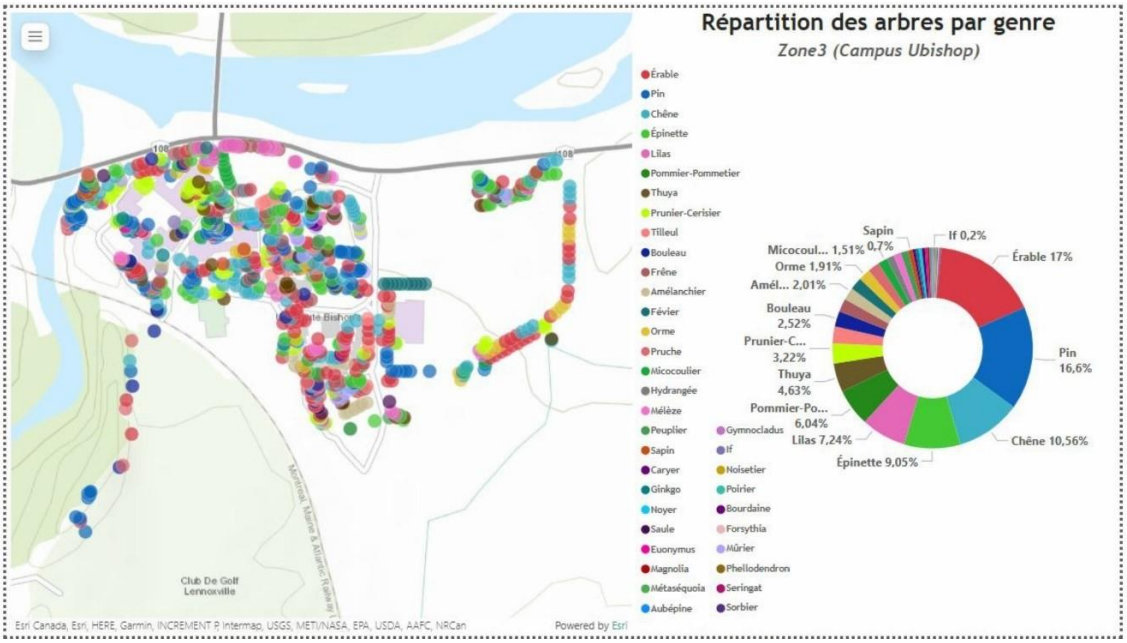


Figure 14 : Répartition des arbres de l'inventaire de la zone3 par genre.

4.3 Création de cartes web avec d'ArcGIS Online

La démarche de conception des cartes web interactives s'est articulée autour des étapes suivantes :

1. Sélection du fond de carte : le choix du fond de carte constitue une étape primordiale, car il fournit un cadre spatial de référence tout en garantissant une lisibilité optimale des données thématiques. La sélection s'est portée sur un fond de carte à la fois détaillé et épuré, permettant d'intégrer efficacement les couches d'information sans altérer leur visibilité ni nuire à l'interprétation des résultats.

2. Intégration des couches d'information : l'assemblage des données géospatiales s'est effectué par l'ajout de plusieurs couches vectorielles et attributaires, incluant :
   - La couche de l'inventaire principal (**Inventaire_principal**), représentant chaque arbre géolocalisé avec ses attributs descriptifs (espèce, statut écologique, etc.).
   - La couche des limites administratives de la ville de Sherbrooke (**Contours_Sherbrooke**), fournissant un contexte spatial pour l'analyse.
   - La couche des zones d'étude (**Zones_cibles**), délimitant les secteurs analysés (Parc Jacques-Cartier, campus principal de l'Université de Sherbrooke, campus de l'Université Bishop's) et indiquant le nombre total d'arbres par zone.
   - La couche de l'inventaire des arbres de la ville de Sherbrooke (**Inventaire_ville_de_Sherbrooke**), permettant une vue globale sur l'ensemble du territoire urbain.
3. Configuration de la symbologie et des styles : l'affichage des données a été optimisé par une symbologie adaptée visant à mettre en valeur les caractéristiques des arbres tout en préservant la lisibilité du fond de carte. La configuration a inclus :
   - L'établissement d'échelles d'affichage progressives afin d'ajuster la densité des points et d'assurer une visualisation efficace à différents niveaux de zoom et pour éviter une surcharge visuelle.
4. Paramétrage des fenêtres contextuelles (*pop-ups*) : afin d'enrichir l'expérience utilisateur, des fenêtres contextuelles dynamiques ont été configurées pour afficher des informations détaillées sur chaque arbre. Ces pop-ups incluent notamment des descriptions textuelles, des indicateurs statistiques facilitant la visualisation et l'analyse des données.
5. Production de la carte thématique : carte de l'inventaire principal, intégrant l'ensemble des données avec des pop-ups détaillées sur chaque arbre.
6. Publication et partage de la carte : une fois finalisées, la carte a été enregistrée comme élément de contenu dans ArcGIS Online et configurée pour être intégrée dans une application ArcGIS *Dashboard*. Afin d'assurer une accessibilité optimale aux parties prenantes, cette carte a été publiée sous un mode public, permettant sa consultation via un lien direct.

4.4 Création du tableau de bord à partir d'ArcGIS Online

La figure 15 montre le gabarit conceptuel utilisé pour la configuration du tableau de bord du projet. Pour chaque élément, l'apparence ainsi que la source associée ont été rigoureusement paramétrées. L'optimisation de l'affichage a constitué un facteur déterminant dans ces configurations, visant à garantir une interface à la fois ergonomique et visuellement harmonieuse.

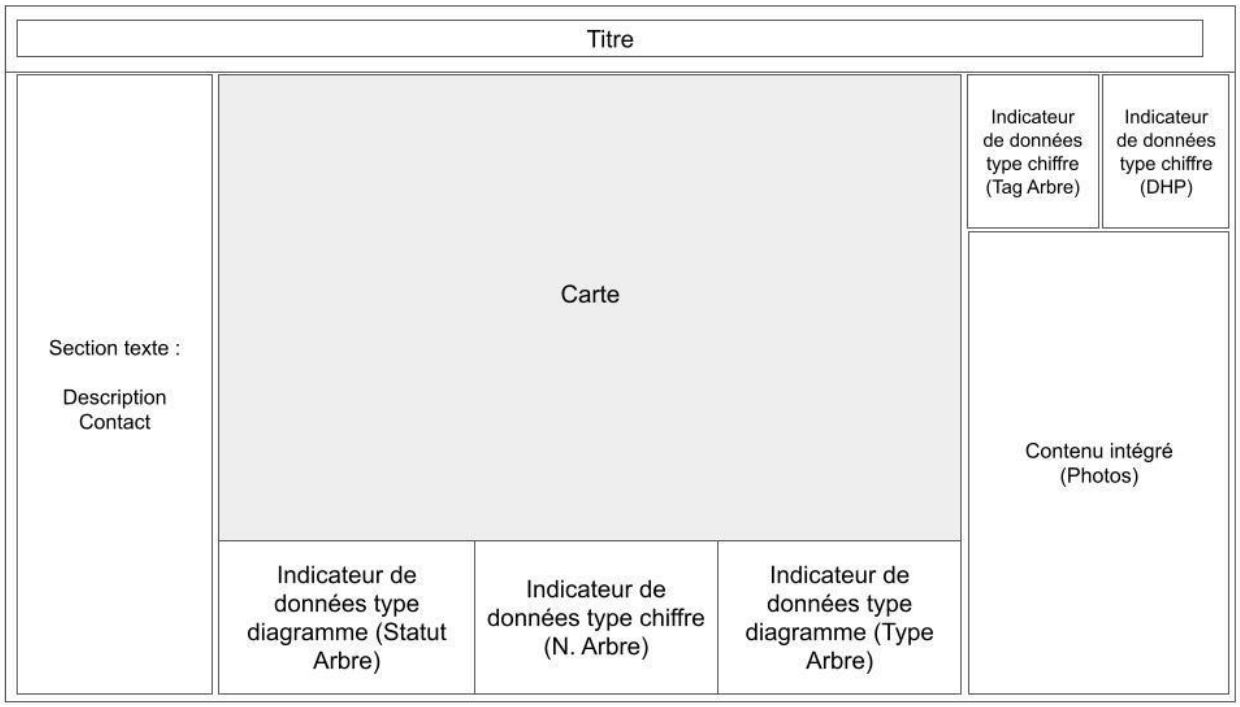


Figure 15 : Maquette de conception du tableau de bord.

Comment puis-je accéder à la carte interactive du projet ?

La carte interactive de l'inventaire du projet est accessible ici.

4.4.1 L'utilisation des cartes avec les données

La carte intégrée dans le tableau de bord permet de passer en revue les couches mentionnées précédemment. Ces dernières sont disponibles afin d'être affichées ou caché selon l'administrateur de la carte (figure 16).

Figure 16 : Fonctions de base ajoutée à la cartographie.

Voici une brève explication des boutons et leurs fonctionnalités :

- Outil cartographique (Mesure) : permet d'effectuer des mesures sur la carte (distances, surfaces).
- Recherche – Localisation : permet de rechercher un lieu spécifique ou une adresse.
- Légende : affiche les éléments de la carte et leur signification (types d'arbres, couleurs, etc.).
- Vue initiale : ramène la carte à son état d'origine, centré sur la zone d'étude.
- Couches : permet d'activer ou désactiver différentes couches d'information (ex.: types d'arbres, zones spécifiques).
- Rechercher selon ma localisation : centre la carte sur la position de l'utilisateur en utilisant la géolocalisation.
- Zoom in / Zoom out : permet d'agrandir ou de réduire la vue de la carte.

4.4.2 Les éléments infographiques

Deux indicateurs analytiques similaires ont été intégrés au diagramme de conception du *Dashboard* (figure 17). Ils ont été configurés pour optimiser l'analyse interactive. Les éléments de visualisation infographique mis en place comprennent :

- Un graphique circulaire représentant la répartition en pourcentage des types d'arbres.
- Un graphique circulaire illustrant la répartition en pourcentage des statuts des arbres.

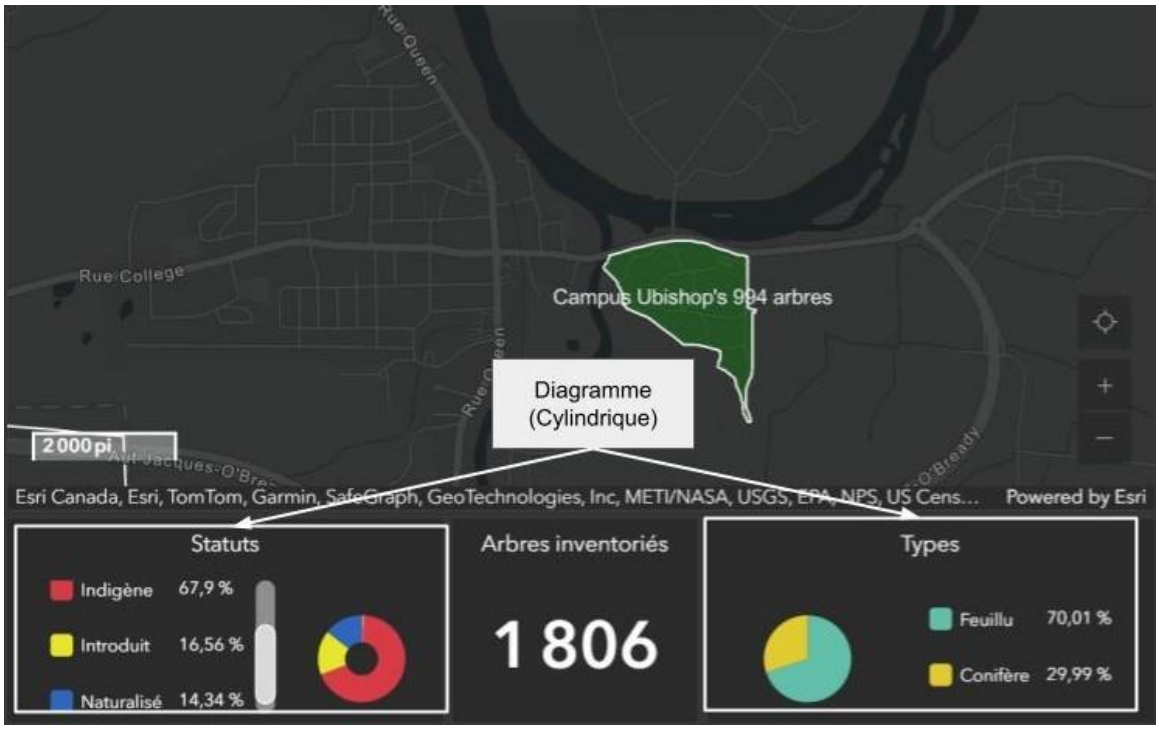


Figure 17 : Indicateurs infographiques ajoutés dans le tableau de bord.

4.4.3 Les indicateurs numériques

Les indicateurs numériques intégrés au tableau de bord permettent d'afficher des informations descriptives et des données quantitatives relatives aux arbres de chaque liste d'observations (figure18). Trois indicateurs ont été implémentés :

- Un indicateur numérique représentant le nombre total d'arbres.
- Un indicateur numérique affichant le diamètre à hauteur de poitrine (DHP).
- Un indicateur numérique indiquant le numéro d’identification (tag) attribué à chaque arbre.

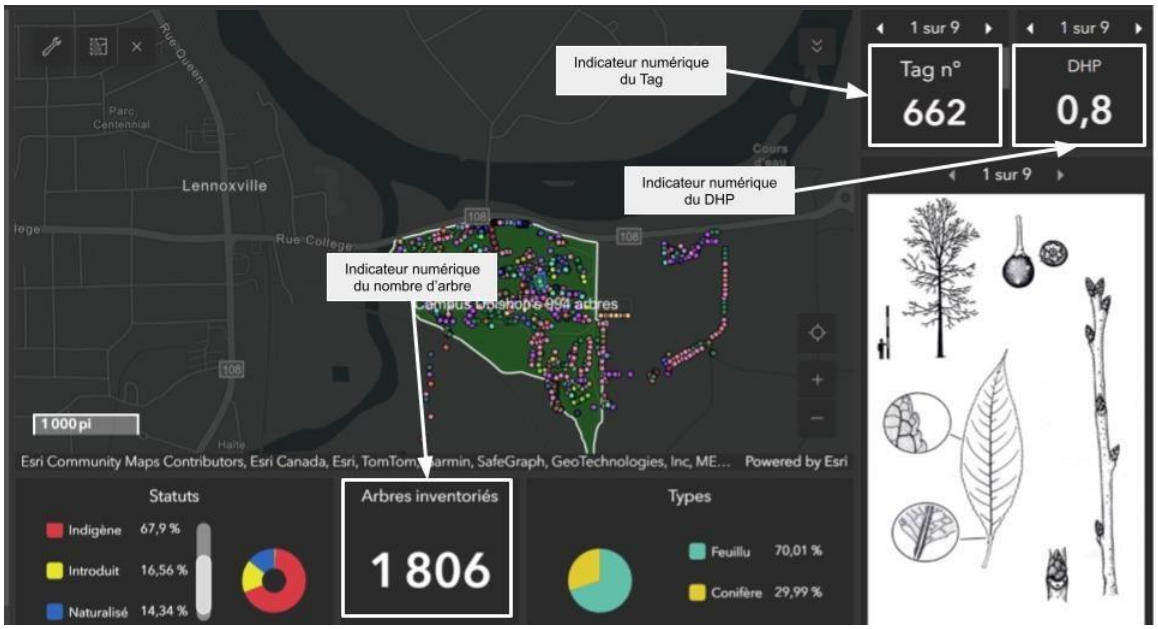


Figure 18 : Indicateurs numériques ajoutés à la cartographie.

La figure 19 présente l'aspect final de l'interface qui se trouve sur le site web :

Figure 19 : Aspect final de l'interface.

5 Discussions

5.1 Interprétation et discussion des résultats

L'analyse de la structure et de la distribution des arbres dans les trois zones étudiées met en lumière des dynamiques contrastées en termes de densité, diversité spécifique et gestion arboricole. La zone 3 (Campus Bishop's) se distingue par une densité élevée (46,83 arbres/ha) et une grande diversité spécifique (H' = 3,59), ce qui favorise un environnement résilient et écologiquement stable. À l'inverse, la zone 2 (Campus Sherbrooke) présente une densité plus faible (8,82 arbres/ha), ce qui peut limiter son impact écologique en termes de régulation thermique et de séquestration du carbone, malgré une diversité modérée (H' = 3,43). Enfin, la zone 1 (Parc Jacques-Cartier) se caractérise par une diversité plus restreinte (H' = 2,59), ce qui suggère une dominance de certaines espèces, probablement choisies pour leur robustesse en milieu urbain.

L'analyse des statuts écologiques révèle une nette prédominance des espèces indigènes dans les trois inventaires réunis, atteignant 69,38 %, répartie sur les zones avec 74,55 % à Bishop's, 62,22 % à l'UdS 2 et 64,31 % dans le parc J-C. Cette présence marquée par des essences locales constitue un levier important pour la résilience urbaine, car, selon la littérature scientifique, les espèces indigènes sont mieux adaptées aux conditions climatiques locales, nécessitent moins d'entretien et contribuent à un écosystème plus stable et autonome. Par ailleurs, la proportion relativement faible d'espèces introduites et naturalisées indique une gestion arboricole prudente, visant à limiter les risques d'invasion et à préserver l'équilibre des habitats existants.

Cependant, la distribution hétérogène des espèces indigènes entre les différentes zones suggère des stratégies d'aménagement distinctes. Dans la zone 1, leur présence est fragmentée et partiellement remplacée par des espèces naturalisées, ce qui peut influencer la dynamique écologique du parc. À l'inverse, dans la zone 3, la dominance des essences indigènes et leur distribution homogène renforcent la connectivité écologique du campus, favorisant les interactions entre les espèces et la régulation naturelle des microclimats.

En termes de typologie, les résultats montrent une prépondérance des feuillus dans l'ensemble des zones étudiées, avec un total de 68 % qui est particulièrement intéressante dans une perspective de lutte contre les îlots de chaleur urbains, car ces arbres procurent une canopée dense en été, réduisant ainsi les températures ambiantes et diminuant la consommation énergétique des bâtiments environnants (figure 20).

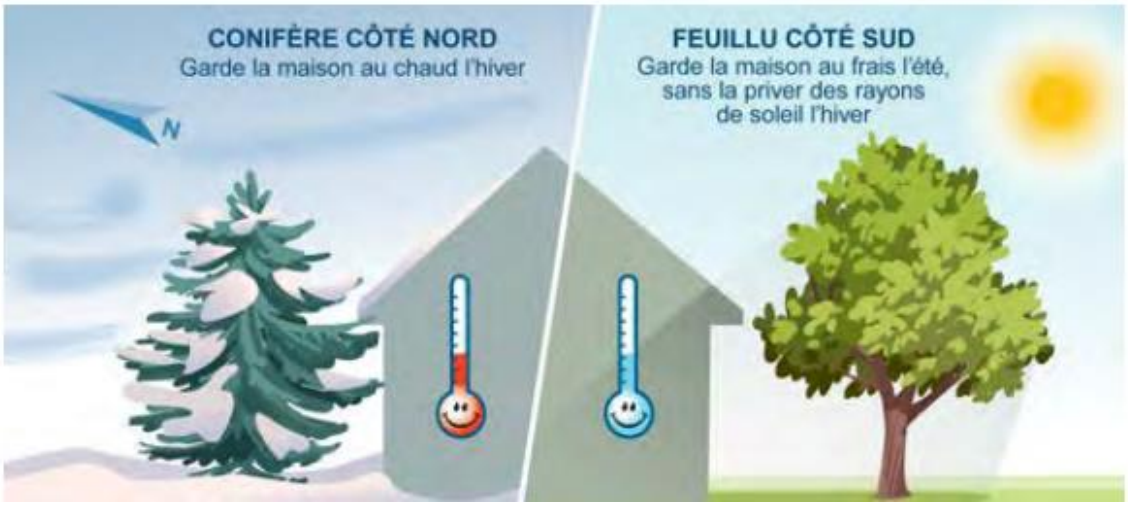


Figure 20 : Emplacement stratégique des arbre feuillus et conifères pour réduire la consommation d'énergie (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2024b).

Cependant, la présence complémentaire de conifères est essentielle, notamment en hiver, pour jouer un rôle de barrière contre les vents froids et maintenir une captation continue des polluants atmosphériques (figure 21). Dans ce contexte, la zone 3, qui présente un équilibre plus marqué entre feuillus et conifères (34,61 % de conifères), est mieux positionnée pour fournir des services écosystémiques diversifiés tout au long de l'année, sachant que le pourcentage global des conifères est de 32 %.

La structure des populations arboricoles a également un impact direct sur la séquestration du carbone et la lutte contre le réchauffement climatique. Les résultats montrent que la zone 3 est dominée par des espèces à grand déploiement telles que les érables (*Acer*, 17 %) et les chênes (*Quercus*, 10,56 %), favorisant un stockage important du carbone grâce à leur biomasse plus développée (figure 22).

À l'inverse, dans la zone 2, la présence d'espèces ornementales et fruitières tel que les féviers et les pommiers, traduit une stratégie de plantation différente, privilégiant la diversité esthétique et fonctionnelle, mais avec l'hypothèse d'un stock de carbone potentiellement plus limité.

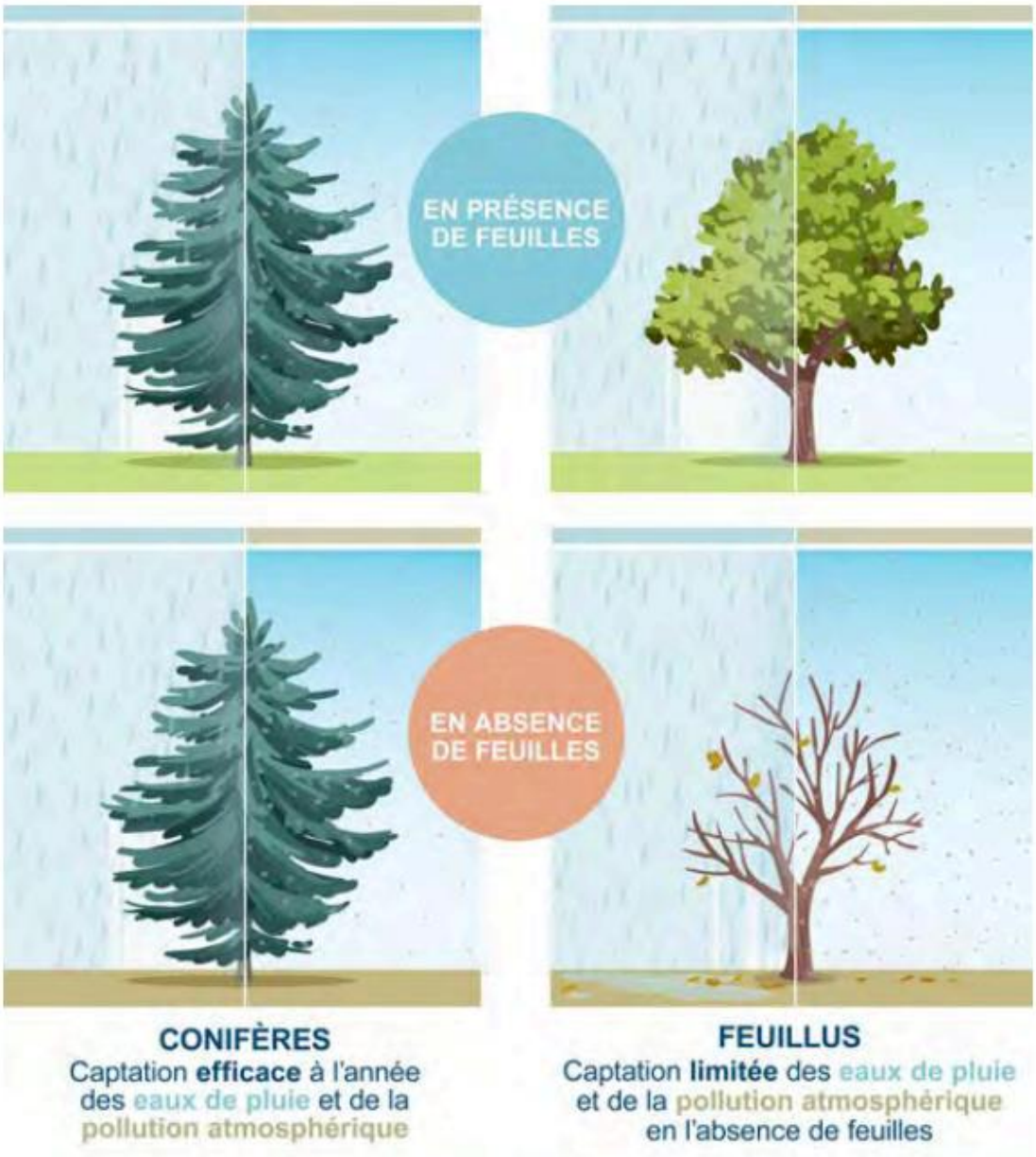


Figure 21 : Services rendu par les conifères versus les feuillus (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2024b).

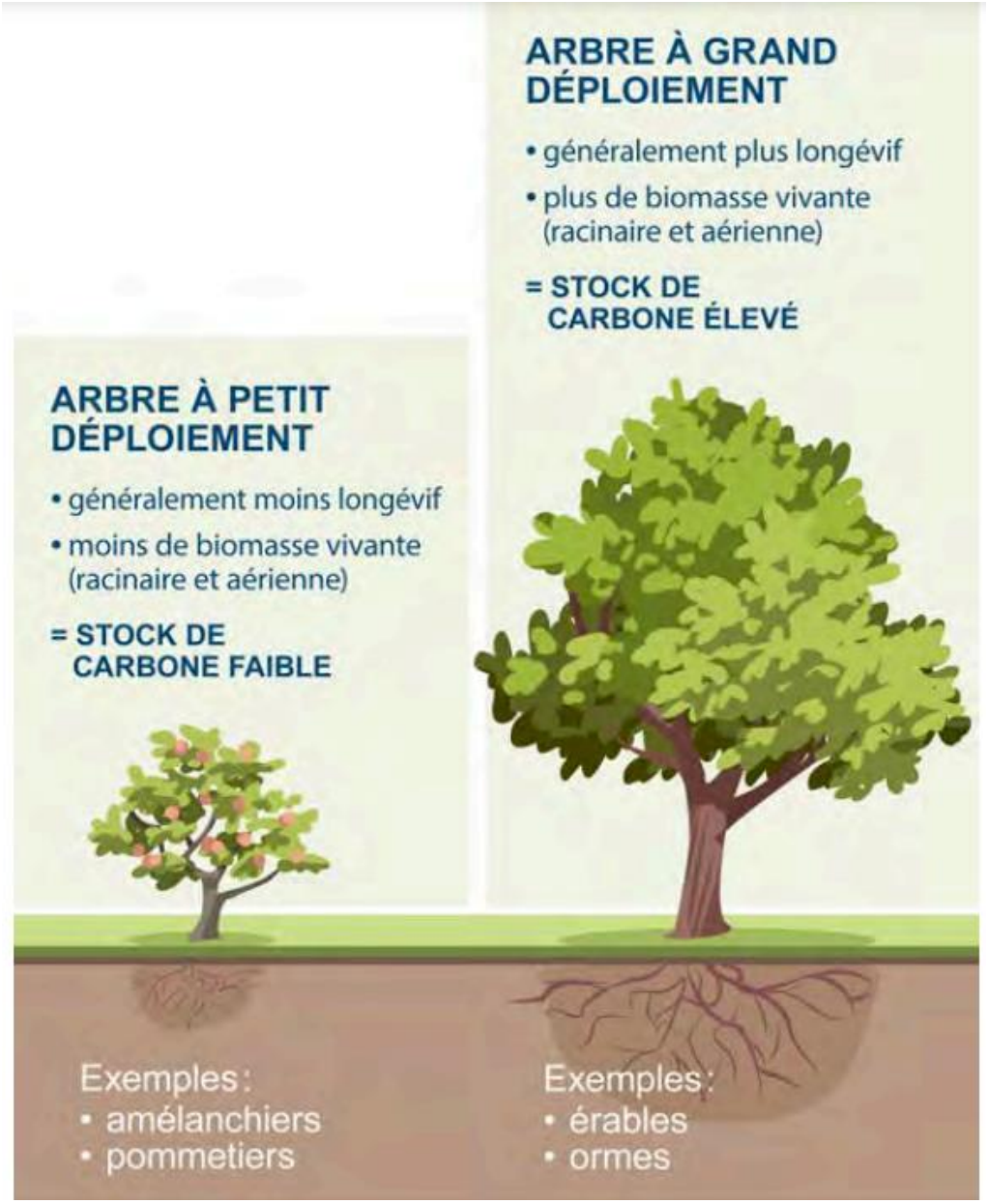


Figure 22 : Variation du stock de carbone selon le déploiement des arbres (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2024b).

L'intégration d'espèces à grand déploiement dans les politiques d'aménagement paysager pourrait être un levier majeur pour l'adaptation des villes au changement climatique. En particulier, l'érable à sucre, le chêne rouge et l'épinette blanche apparaissent comme des choix stratégiques à privilégier pour maximiser la séquestration du CO_2, tout en offrant une résilience accrue aux conditions climatiques extrêmes.

Quant aux résultats de l'analyse des classes de DHP, ils traduisent une structure forestière où les grands individus dominent largement le paysage, tandis que la régénération des jeunes pousses demeure relativement restreinte. Une telle répartition pourrait, à long terme, engendrer un vieillissement du peuplement et une vulnérabilité accrue face aux perturbations, en l'absence d'un recrutement suffisant de nouvelles générations d'arbres. Toutefois, la présence d'un nombre significatif d'individus en phase intermédiaire de croissance suggère que certains peuplements conservent une dynamique de renouvellement active, bien que celle-ci soit plus marquée dans les classes supérieures.

5.2 Atteinte des objectifs du projet

Les objectifs fixés dans ce projet ont été atteints à travers l'analyse détaillée de la forêt urbaine de Sherbrooke et la mise en place d'un outil interactif facilitant la diffusion et la compréhension des données arboricoles.

En ce qui concerne le premier sous-objectif, l'état de l'art réalisé a permis d'identifier les bienfaits des arbres en milieu urbain et les caractéristiques spécifiques favorisant la résilience climatique. L'analyse comparative des données de l'inventaire a mis en lumière la diversité des essences présentes.

Le deuxième sous-objectif, qui consistait à développer un système d'information géographique (SIG) interactif, a été atteint grâce à la mise en place d'une carte interactive et d'un tableau de bord via ArcGIS Online. Cette solution permet d'explorer les données de l'inventaire de manière dynamique, facilitant ainsi la sensibilisation des citoyens et la prise de décision des gestionnaires. Le choix d'ArcGIS Online, un logiciel propriétaire, soulève néanmoins la question de l'usage d'outils open-source comme QGIS Server, Leaflet ou OpenLayers, qui offrent une plus grande indépendance vis-à-vis des licences commerciales. L'adoption d'une solution open-source aurait pu garantir une accessibilité accrue et une flexibilité à long terme. Toutefois, la contrainte temporelle du projet a nécessité une solution rapidement déployable et intégrant des outils analytiques avancés. ArcGIS Online, avec sa gestion centralisée des données et son interopérabilité avec ArcGIS Dashboard, a permis de produire une interface fonctionnelle dans le délai imparti, sans nécessiter un développement web complexe. Bien que cette approche ait optimisé l'efficacité à court terme, elle représente une limite en matière d'accessibilité et de coûts à long terme. Une

transition vers des solutions open-source pourrait être envisagée dans l'avenir afin d'assurer une plus grande pérennité du projet.

5.3 Limites du projet

Ce projet présente certaines limites qu'il est essentiel de considérer pour une interprétation nuancée des résultats et pour orienter d'éventuelles améliorations futures. Une première limite concerne la délimitation des zones d'étude, effectuée à partir de polygones vectorisés manuellement dans un SIG. Cette approche, bien que couramment utilisée dans les études géospatiales, peut induire des imprécisions dans les calculs de superficie en raison d'éventuelles erreurs d'ajustement des contours des zones analysées. Une telle approximation peut influencer les densités calculées (arbres/ha) et ainsi légèrement biaiser les comparaisons entre les différentes zones. De plus, la prise de mesures sur le terrain (diamètre, hauteur, état sanitaire) repose sur des instruments manuels, entraînant une marge d'erreur due aux conditions environnementales et aux difficultés d'identification de certaines espèces. Ajouté à cela, les recommandations sur les essences adaptées aux îlots de chaleur et au réchauffement climatique sont principalement issues de la littérature scientifique et non de mesures quantitatives directes réalisées dans ce projet. L'efficacité réelle des espèces peut varier selon le microclimat, le sol et l'état sanitaire des arbres, ce qui limite la précision des propositions. Deuxièmement, une limite temporelle a influencé le choix d'outils prêts à l'emploi, comme ArcGIS Online et Dashboard, facilitant la diffusion des données mais offrant moins de flexibilité qu'une solution open-source. Enfin, bien que l'inventaire réalisé couvre un échantillon significatif de la forêt urbaine de Sherbrooke, il ne représente qu'une portion du couvert arboré urbain total de la ville. Certaines zones urbaines denses n'ont pas été inclus dans l'analyse, ce qui limite la généralisation des résultats à l'ensemble de la municipalité. De plus, cette étude repose sur un relevé unique dans le temps, alors que la dynamique forestière est évolutive et soumise à des variations saisonnières et climatiques.

5.4 Poursuite du projet et perspectives

L'étude réalisée constitue une première étape dans la caractérisation du couvert arboré urbain de Sherbrooke, permettant de poser les bases d'une approche intégrée pour la gestion et la valorisation des forêts urbaines. Toutefois, plusieurs axes d'amélioration et d'extension peuvent être envisagés afin d'enrichir et de généraliser cet outil à une échelle plus large, tant au sein de la ville de

Sherbrooke que pour d'autres municipalités souhaitant adopter une démarche similaire. Une première évolution possible concerne l'élargissement de l'inventaire à d'autres secteurs urbains et périurbains. L'actuelle délimitation des trois zones étudiées fournit une vision partielle du couvert arboré et de ses dynamiques. Une extension de l'inventaire à l'ensemble du territoire sherbrookois permettrait une meilleure représentation de la diversité des peuplements forestiers et des disparités en matière de densité et de diversité arboricole. Cette expansion nécessiterait une mobilisation accrue des ressources humaines et technologiques, notamment à travers l'implication des services municipaux, des institutions académiques et des citoyens via des initiatives de science participative. En parallèle, l'outil développé pourrait être généralisé et adapté à d'autres villes confrontées à des enjeux similaires. La flexibilité d'ArcGIS Online et d'ArcGIS Dashboard permet d'adapter l'interface aux spécificités locales, en intégrant des bases de données municipales et en ajustant les critères d'analyse en fonction des besoins.

Pour faciliter cette transition, il serait pertinent de documenter et publier un guide méthodologique, détaillant les étapes de conception et de mise en œuvre de l'interface cartographique. Un tel document fournirait des recommandations sur la collecte, le traitement et l'intégration des données, ainsi que sur les outils à privilégier pour garantir une exploitation optimale. Un autre axe de développement concerne l'amélioration des indicateurs environnementaux pris en compte dans l'analyse. Actuellement, l'étude repose principalement sur la caractérisation des espèces et des dimensions des arbres. L'intégration de mesures complémentaires, telles que l'évaluation de l'ombrage, de la surface foliaire et du stockage du carbone, permettrait d'affiner la quantification des services écosystémiques offerts par la canopée urbaine.

Des outils spécialisés comme i-Tree pourraient être mobilisés pour estimer avec précision les bénéfices écologiques des arbres, notamment en termes de séquestration du carbone, de filtration des polluants atmosphériques et de régulation thermique. Par ailleurs, l'analyse spatiale du déploiement des arbres pourrait être approfondie pour optimiser leur répartition en fonction des besoins climatiques et environnementaux. Une approche intégrant des modèles de simulation spatiale permettrait d'identifier les zones où de nouvelles plantations seraient les plus bénéfiques, notamment en lien avec la réduction des îlots de chaleur urbains. L'application de méthodes comme la télédétection et l'analyse d'images satellites offrirait une vision plus globale du couvert

arboré et de son évolution dans le temps, facilitant ainsi le suivi des politiques de verdissement et leur ajustement en fonction des tendances observées.

Enfin, une perspective clé du projet réside dans son ouverture à la participation citoyenne. Le développement d'une plateforme interactive intégrant des fonctionnalités de signalement d'arbres ou d'ajout d'observations par le grand public renforcerait l'implication des habitants dans la gestion et la préservation du patrimoine arboré. Ce type d'initiative, inspiré de projets participatifs tels que TreeMap ou OpenTreeMap, favoriserait une meilleure sensibilisation et responsabilisation des citoyens face aux enjeux environnementaux urbains.

L'ensemble de ces pistes de développement permettrait de transformer l'outil développé en un véritable support décisionnel pour la gestion forestière urbaine. En adoptant une approche évolutive et collaborative, il serait possible de généraliser cette initiative à l'ensemble de la ville de Sherbrooke et de proposer un modèle réplicable pour d'autres municipalités, contribuant ainsi à une meilleure gestion des écosystèmes arborés en milieu urbain.

6 Conclusion

Ce projet a permis, grâce à une revue de littérature et à l'analyse d'un inventaire détaillé, de mieux comprendre la structure et la répartition du couvert arboré urbain à Sherbrooke. L'évaluation de la diversité spécifique, des indices écologiques et de la distribution spatiale des arbres a mis en évidence certains aspects de la forêt urbaine. L'outil SIG développé, combinant une cartographie interactive et un tableau de bord, constitue une ressource précieuse pour les gestionnaires urbains et les citoyens souhaitant mieux appréhender la forêt urbaine.

L'analyse a révélé une dominance des feuillus, environs 68 % dans les zones étudiées, offrant un ombrage efficace et jouant un rôle clé dans l'atténuation des îlots de chaleur. Toutefois, la présence de conifères (32 %), bien que moindre, demeure essentielle pour assurer une couverture végétale permanente et filtrer les polluants atmosphériques en hiver. La répartition des arbres a montré des disparités entre les zones, certaines affichant une faible diversité et un déficit de canopée, notamment sur le campus de l'Université de Sherbrooke. Ces résultats soulignent la nécessité d'une planification ciblée pour équilibrer la couverture arborée et maximiser les services écosystémiques fournis par les arbres urbains.

Cette démarche, bien que perfectible, offre une base solide pour une gestion plus informée et durable du couvert végétal en milieu urbain. Les perspectives de développement, notamment l'intégration d'indicateurs écologiques avancés et l'élargissement de l'inventaire, permettront d'optimiser encore davantage la gestion des arbres en ville. Adaptable à d'autres contextes municipaux, cette approche constitue un outil stratégique pour répondre aux défis environnementaux et climatiques actuels.

Références

Abd-Elrahman, A. H., Thornhill, M. E., Andreu, M. G. et Escobedo, F. (2010). A community-based urban forest inventory using online mapping services and consumer-grade digital images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *12*(4), 249-260. https://doi.org/10.1016/j.jag.2010.03.003

Alcock, I., White, M., Cherrie, M., Wheeler, B., Taylor, J., McInnes, R., Otte Im Kampe, E., Vardoulakis, S., Sarran, C., Soyiri, I. et Fleming, L. (2017). Land cover and air pollution are associated with asthma hospitalisations: A cross-sectional study. *Environment International*, *109*, 29-41. https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.08.009

Arbres Canada. (2025). *Chapitre 6. Inventaire d'arbres et cycle d'inspection des arbres* (Recueil des meilleures pratiques de gestion des forêts urbaines). [En ligne]. (Page consultée le 29 décembre 2024).

Arbres Canada. (2025). *Les arbres du Canada*. [En ligne]. (Page consultée le 15 décembre 2024).

Arbres Canada. (2022). *Pratiques d'élagage*. [En ligne]. (Page consultée le 28 novembre 2024).

Arbres Canada. (2024). *Stratégie canadienne sur la forêt urbaine 2019-2024*. [En ligne]. (Page consultée le 20 janvier 2025).

ArcGIS Dashboards. (s. d.). *Documentation*. ArcGIS Web Site. [En ligne]. (Page consultée le 20 janvier 2025).

ArcGIS Online. (s. d.). *Reference: FAQ*. ArcGIS Dashboard, Esri. [En ligne]. (Page consultée le 21 janvier 2025).

ArcGIS Pro. (s. d.). *Configurer une carte Web*. Documentation. [En ligne]. (Page consultée le 21 janvier 2025).

Ardila, J. P., Bijker, W., Tolpekin, V. A. et Stein, A. (2012). Context-sensitive extraction of tree crown objects in urban areas using VHR satellite images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *15*, 57-69. https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.06.005

Barwinsky, M. (2015). *City of Winnipeg Public Works Department. personal communication*.

Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L. et Hopton, M. E. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, *162*, 167-177. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017

BNQ. (2019). *Aménagement paysager à l'aide de végétaux* (2e édition). Bureau de normalisation du Québec.

Boldemann, C., Blennow, M., Dal, H., Mårtensson, F., Raustorp, A., Yuen, K. et Wester, U. (2006). Impact of preschool environment upon children's physical activity and sun exposure. *Preventive Medicine*, *42*(4), 301-308. https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2005.12.006

Boldeman, C., Dal, H. et Wester, U. (2004). Swedish pre-school children's UVR exposure – a comparison between two outdoor environments. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, *20*(1), 2-8. https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2004.00069.x

Booth, D. B. et Jackson, C. R. (1997). Urbanization of aquatic systems: Degradation Thresholds, stormwater detection, and the limits of mitigation. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, *33*(5), 1077-1090. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1997.tb04126.x

Boulfroy, E., Khaldoune, J., Grenon, F., Fournier, R. et Talbot, B. (2013). *Conservation des îlots de fraîcheur urbains - Description de la méthode suivie pour identifier et localiser les îlots de fraîcheur et de chaleur (méthode en 9 niveaux)*. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Université de Sherbrooke. [En ligne]. (Page consultée le 13 mars 2025).

Bowie, G. D., Millward, A. A. et Bhagat, N. N. (2014). Interactive mapping of urban tree benefits using Google Fusion Tables and API technologies. *Urban Forestry & Urban Greening*, *13*(4), 742-755. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.06.002

Budei, B. C., Marchal, J., Nininahazwe, F., Genest, M.-A., Bour, B. et Varin, M. (2023). Cartographie des îlots de chaleur et de fraîcheur dans le Québec urbain à l'aide d'imagerie satellitaire Landsat 8/9 (2020-2021-2022) et analyse de changement. *Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy Inc. (CERFO)*. Rapport 2023-01. 52 pages. [En ligne]. (Consultée le 13 mars 2025).

Sousa-Silva, R., Cameron, E. et Paquette, A. (2021). Prioritizing Street Tree Planting Locations to Increase Benefits for All Citizens: Experience From Joliette, Canada. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*, 716611. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.716611

Cameron, E. et Paquette, A. (2020). *L'approche fonctionnelle - Méthodologie et guide d'utilisation – Formation créditée*, [En ligne]. (Page consultée le 12 février 2025).

Castonguay, S. et Fougères, D. (2007). Les rapports riverains de la ville : Sherbrooke et ses usages des rivières Magog et Saint-François, XIXe -XXe siècles. *Urban History Review*, *36*(1), 3-15. https://doi.org/10.7202/1015816ar

CERFO. (2012). *Identification et caractérisation des îlots de fraîcheur urbains.* Rapport PART 2011A058 (2012-19). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy Inc. [En ligne]. (Page consultée le 13 mars 2025).

Cicea, C. et Pîrlogea, C. (2011). Green Spaces and Public Health in Urban Areas. Research Center in Public Administration and Public Services, 6(1), 83-92.

City of Vancouver. (2024). *Climate change adaptation strategy, 2024-2025 update and Action plan*.

Côté, J.-F., Fournier, R. A., Frazer, G. W. et Olaf Niemann, K. (2012). A fine-scale architectural model of trees to enhance LiDAR-derived measurements of forest canopy structure. *Agricultural and Forest Meteorology*, *166-167*, 72-85. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.06.007

CREE. (2024). *Estrie zone verte* (17) [Revue], [En ligne]. (Page consultée le 11 décembre 2024).

Cukier, K. et Mayer-Schoenberger, V. (2013). *The Rise of Big Data. How it's changing the way we think about the world*. [En ligne]. (Page consultée le 17 janvier 2025).

De La Beaujardiere, J.-F. (2006). OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification. *Open Geospatial Consortium, Inc.* [En ligne]. (Page consultée le 02 janvier 2024).

DRHC. (1998). *Comment préserver la santé des arbres urbains - Bulletin de Diffusion, Ontario*. [En ligne]. (Page consultée le 20 décembre 2024).

Elmasri, R. et Navathe, S. (2016). *Fundamentals of database systems (Seventh edition). Pearson. Extensible Markup Language (XML).* [En ligne]. (Page consultée le 10 février 2025).

Eyster, H. N. et Beckage, B. (2022). Conifers May Ameliorate Urban Heat Waves Better Than Broadleaf Trees: Evidence from Vancouver, Canada. *Atmosphere*, *13*(5), 830. https://doi.org/10.3390/atmos13050830

Farrar, J. L. (2017). *Les arbres du Canada*. Fides.

Sousa-Silva, R., Cameron, E. et Paquette, A. (2021). Prioritizing Street Tree Planting Locations to Increase Benefits for All Citizens: Experience From Joliette, Canada. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*, 716611. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.716611

Fletcher, T. D., Andrieu, H. et Hamel, P. (2013). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Advances in Water Resources*, *51*, 261-279. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.09.001

Galle, N. J., Halpern, D., Nitoslawski, S., Duarte, F., Ratti, C. et Pilla, F. (2021). Mapping the diversity of street tree inventories across eight cities internationally using open data. *Urban Forestry & Urban Greening*, *61*, 127099. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127099

Gathright, J., Yamada, Y. et Morita, M. (2006). Comparison of the physiological and psychological benefits of tree and tower climbing. *Urban Forestry & Urban Greening*, *5*(3), 141-149. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2005.12.003

Gauthray-Guyénet, V., Boulfroy, E. et Royer-Tardif, S. (2024). Exemple d'une démarche à suivre pour planifier de nouvelles plantations résilientes en milieu urbain. *Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Technote 2024-01. 10 pages.*

Gauthray-Guyénet, V., Boulfroy, E. et Royer-Tardif, S. (2024). *Où, quoi et comment planter pour accroître les services écosystémiques de la forêt urbaine*. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO).

Georgi, N. J. et Zafiriadis, K. (2006). The impact of park trees on microclimate in urban areas. *Urban Ecosystems*, *9*(3), 195-209. https://doi.org/10.1007/s11252-006-8590-9

Gerrish, E. et Watkins, S. L. (2018). The relationship between urban forests and income: A meta-analysis. *Landscape and Urban Planning*, *170*, 293-308. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.005

Gonzalez, H., Halevy, A. Y., Jensen, C. S., Langen, A., Madhavan, J., Shapley, R., Shen, W. et Goldberg-Kidon, J. (2010). Google fusion tables: web-centered data management and collaboration. Dans *Proceedings of the 2010 ACM SIGMOD International Conference on Management of data* (p. 1061-1066). ACM. https://doi.org/10.1145/1807167.1807286

Gouvernement du Canada. (2021). Engagement de 2 milliards d'arbres, [En ligne]. (Page consultée le 20 décembre 2024).

Gouvernement du Québec. (2024). Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (LAU), [En ligne]. (Page consultée le 03 décembre 2024).

Gouvernement du Québec. (2024). *Normales climatiques 1981-2010, Climat du Québec, Sud du Québec – Climat continental froid et humide*, [En ligne]. (Page consultée le 02 décembre 2024).

Gouvernement du Québec. (2024). Plan Nature 2030. *Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)*, [En ligne]. (Page consultée le 11 décembre 2024).

Gouvernement du Québec. (2022). *Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec*. [En ligne]. (Page consultée le 15 novembre 2024).

Graham, D. A., Vanos, J. K., Kenny, N. A. et Brown, R. D. (2016). The relationship between neighbourhood tree canopy cover and heat-related ambulance calls during extreme heat events in Toronto, Canada. *Urban Forestry & Urban Greening*, *20*, 180-186. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.08.005

Grosjean, P. et Engels, G. (2021). Science des données biologiques II (Université de Mons). https://wp.sciviews.org/sdd-umons2

Hambly, S. (2010). Urban Forests. *Forest History Society of Ontario*, 2, 32.

Heisler, G. M., Grant, R. H. et Gao, W. (2003). Individual- and scattered-tree influences on ultraviolet irradiance. *Agricultural and Forest Meteorology*, *120*(1-4), 113-126. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.08.024

Helletsgruber, C., Gillner, S., Gulyás, Á., Junker, R. R., Tanács, E. et Hof, A. (2020). Identifying Tree Traits for Cooling Urban Heat Islands—A Cross-City Empirical Analysis. *Forests*, *11*(10), 1064. https://doi.org/10.3390/f11101064

Huang, G., Zhou, W. et Cadenasso, M. L. (2011). Is everyone hot in the city? Spatial pattern of land surface temperatures, land cover and neighborhood socioeconomic characteristics in Baltimore, MD. *Journal of Environmental Management*, *92*(7), 1753-1759. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.02.006

Hydro-Québec. (2017). *Choisir le bon arbre ou arbuste*. https://arbres.hydroquebec.com/recherche-arbres-arbustes

Hydro-Québec. (2022). Le bon arbre au bon endroit, [En ligne]. (Page consultée le 16 octobre 2024).

i-Tree. (2012). i-Tree. https://www.itreetools.org/

Jennings, V., Floyd, M. F., Shanahan, D., Coutts, C. et Sinykin, A. (2017). Emerging issues in urban ecology: implications for research, social justice, human health, and well-being. *Population and Environment*, *39*(1), 69-86. https://doi.org/10.1007/s11111-017-0276-0

Kaplan, R. (2011). *The Routledge handbook of urban ecology* (Second edition, vol. 9). Routledge.

Keller, J. et Konijnendijk, C. (2012). Short Communication: A Comparative Analysis of Municipal Urban Tree Inventories of Selected Major Cities in North America and Europe. *Arboriculture & Urban Forestry*, *38*(1), 24-30. https://doi.org/10.48044/jauf.2012.005

Khanal, P. N. et Straka, T. J. (2021). Benefits of Urban Forests and Determining Their Value. *Land-Grant Press by Clemson Extension*. [En ligne]. (Page consultée le 20 février 2025).

Kiani, B., Thierry, B., Fuller, D., Firth, C., Winters, M. et Kestens, Y. (2023). Gentrification, neighborhood socioeconomic factors and urban vegetation inequities: A study of greenspace and tree canopy increases in Montreal, Canada. *Landscape and Urban Planning*, *240*, 104871. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104871

Kilbourne, E. M., Keewhen, C., Jones, S. T. et Thacker, S. B. (1982). *Risk factors for heatstroke. A case-control study*. https://doi.org/10.1001/jama.1982.03320490030031

Kondo, M., Fluehr, J., McKeon, T. et Branas, C. (2018). Urban Green Space and Its Impact on Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(3), 445. https://doi.org/10.3390/ijerph15030445

Konijnendijk, C. (2021). *The 3-30-300 Rule for Urban Forestry and Greener Cities*, *4*(2), [En ligne]. (Page consultée le 20 octobre 2024).

Larouche, J., Rioux, D., Bardekjian, A. C. et Gélinas, N. (2019). Inventory of scientific publications on urban forestry published between 1800 and 2015: An analysis by period, topic and origin. *The Forestry Chronicle*, *95*(02), 91-100. https://doi.org/10.5558/tfc2019-016

Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D. et Pozzer, A. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, *525*(7569), 367-371. https://doi.org/10.1038/nature15371

Livesley, S. J., McPherson, E. G. et Calfapietra, C. (2016). The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *Journal of Environmental Quality*, *45*(1), 119-124. https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567

Lovasi, G. S., Quinn, J. W., Neckerman, K. M., Perzanowski, M. S. et Rundle, A. (2008). Children living in areas with more street trees have lower prevalence of asthma. Journal of Epidemiology & Community Health, 62(7), 647-649. https://doi.org/10.1136/jech.2007.071894

Marcel, O., Berre, I. L., Rouan, M., Philippe, M. et Henaff, A. (2018). Une application WEB-SIG de suivi de la vulnérabilité systémique des littoraux (projet OSIRISC). *Merigéo 2018 - De la côte à l'océan, l'information géographique en mouvement*. [En ligne]. (Page consultée le 29 décembre 2024).

Markevych, I., Schoierer, J., Hartig, T., Chudnovsky, A., Hystad, P., Dzhambov, A. M., De Vries, S., Triguero-Mas, M., Brauer, M., Nieuwenhuijsen, M. J., Lupp, G., Richardson, E. A., Astell-Burt, T., Dimitrova, D., Feng, X., Sadeh, M., Standl, M., Heinrich, J. et Fuertes, E. (2017). Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environmental Research*, *158*, 301-317. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.028

Martin, E. (2021). Développement d'une base de données géospatiales et mise en place d'un tableau de bord analytique pour la gestion et la diffusion des données de mammifères marins de la Patagonie. *Département de géomatique appliquée Faculté des lettres et sciences humaines Université de Sherbrooke*, 66.

McPherson, G. E., Nowak, D. J. et Rowntree, R. A. (1994). *Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago Urban Forest Climate Project* (NE-GTR-186). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station. https://doi.org/10.2737/NE-GTR-186

McPherson, E. G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R. et Rowntree, R. (1997). Quantifying urban forest structure, function, and value: The Chicago Urban Forest Climate Project. *Urban Ecosystems*, *1*(1), 49-61. https://doi.org/10.1023/A:1014350822458

Mehra, A. (2019). Understanding the CAP Theorem. [En ligne]. (Page consultée le 12 janvier 2025).

Mericskay, B. (2021). La géovisualisation de données massives sur le Web : entre avancées technologiques et évolutions cartographiques. *Mappemonde*, (131). https://doi.org/10.4000/mappemonde.5595

Miraglio, T., Coops, N. C., Wallis, C. I. B., Crofts, A. L., Kalacska, M., Vellend, M., Serbin, S. P., Arroyo-Mora, J. P. et Laliberté, E. (2023). Mapping canopy traits over Québec using airborne and spaceborne imaging spectroscopy. *Scientific Reports*, *13*(1), 17179. https://doi.org/10.1038/s41598-023-44384-0

Morita, E., Fukuda, S., Nagano, J., Hamajima, N., Yamamoto, H., Iwai, Y., Nakashima, T., Ohira, H. et Shirakawa, T. (2007). Psychological effects of forest environments on healthy adults: Shinrin-yoku (forest-air bathing, walking) as a possible method of stress reduction. *Public Health*, *121*(1), 54-63. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2006.05.024

Morneau, C. (2021). Classification écologique du territoire québécois (2e édition). Direction des inventaires forestiers.

Nature Québec. (2020). *Guide de plantation d'arbre en milieu urbain*, [En ligne]. (Page consultée le 09 septembre 2024).

Näsholm, P. (2012). *Extracting Data from NoSQL Databases A Step towards Interactive Visual Analysis of NoSQL Data*. University of Gothenburg. [En ligne]. (Page consultée le 28 janvier 2025).

Nowak, D. J., Crane, D. E. et Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry & Urban Greening, 4(3-4), 115-123. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007

Nowak, D. J. et Dwyer, J. F. (2007). Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems. Dans J. E. Kuser (dir.), *Urban and Community Forestry in the Northeast* (p. 25-46). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4289-8_2

Nowak, D. J. et Greenfield, E. J. (2010). Evaluating The National Land Cover Database Tree Canopy and Impervious Cover Estimates Across the Conterminous United States: A Comparison with Photo-Interpreted Estimates. *Environmental Management*, *46*(3), 378-390. https://doi.org/10.1007/s00267-010-9536-9

Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A. et Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, *193*, 119-129. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028

Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A. et Hoehn, R. (2013). Modeled PM2.5 removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*, *178*, 395-402. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.050

Nowak, D. J., Noble, M. H., Sisinni, S. M. et Dwyer, J. F. (2001). People and Trees: Assessing the US Urban Forest Resource. *Journal of Forestry*, *99*(3), 37-42. https://doi.org/10.1093/jof/99.3.37

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, *108*(455), 1-24. https://doi.org/10.1002/qj.49710845502

Ordóñez, C. et Duinker, P. N. (2015). Climate change vulnerability assessment of the urban forest in three Canadian cities. *Climatic Change*, *131*(4), 531-543. https://doi.org/10.1007/s10584-015-1394-2

Ordóñez, C., Threlfall, C. G., Kendal, D., Baumann, J., Sonkkila, C., Hochuli, D. F., Van Der Ree, R., Fuller, R. A., Davern, M., Herzog, K., English, A. et Livesley, S. J. (2023). Quantifying the importance of urban trees to people and nature through tree removal experiments. *People and Nature*, *5*(4), 1316-1335. https://doi.org/10.1002/pan3.10509

Ouranos. (2013). *Estrie — Adaptation aux changements climatiques : défis et perspectives pour la région*. [En ligne]. (Page consultée le 12 décembre 2024).

Paquette, A., Sousa-Silva, R., Maure, F., Cameron, E., Belluau, M. et Messier, C. (2021). Praise for diversity: A functional approach to reduce risks in urban forests. *Urban Forestry & Urban Greening*, *62*, 127157. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127157

Parisi, A. V., Kimlin, M. G., Wong, J. C. F. et Wilson, M. (2000). Personal exposure distribution of solar erythemal ultraviolet radiation in tree shade over summer. *Physics in Medicine and Biology*, *45*(2), 349-356. https://doi.org/10.1088/0031-9155/45/2/307

Parisi, A. V., Kimlin, M. G., Wong, J. C. F., Lester, R. et Turnbull, D. (2000). Reduction in the Personal Annual Solar Erythemal Ultraviolet Exposure Provided by Australian Gum Trees. *Radiation Protection Dosimetry*, *92*(4), 307-312. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a033297

Park, B.-J., Furuya, K., Kasetani, T., Takayama, N., Kagawa, T. et Miyazaki, Y. (2011). Relationship between psychological responses and physical environments in forest settings. *Landscape and Urban Planning*, *102*(1), 24-32. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.005

Park, B. J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Kagawa, T. et Miyazaki, Y. (2010). The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environmental Health and Preventive Medicine*, *15*(1), 18-26. https://doi.org/10.1007/s12199-009-0086-9

Park, H., Lim, S., Trinder, J. et Turner, R. (2010). 3D surface reconstruction of Terrestrial Laser Scanner data for forestry. Dans *2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (p. 4366-4369). IEEE. https://doi.org/10.1109/IGARSS.2010.5652550

Ponniah, P. (2003). *Database Design and Development: An Essential Guide for IT Professionals* (John Wiley&Sons, Inc.). https://doi.org/10.1002/0471728993

QGIS Documentation. (s. d.). *Gentle Intro to GIS*. QGIS Web Site. [En ligne]. (Page consultée le 10 décembre 2024).

Rahman, M. A., Stratopoulos, L. M. F., Moser-Reischl, A., Zölch, T., Häberle, K.-H., Rötzer, T., Pretzsch, H. et Pauleit, S. (2020). Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis. *Building and Environment*, *170*, 106606. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106606

Rao, M., George, L. A., Rosenstiel, T. N., Shandas, V. et Dinno, A. (2014). Assessing the relationship among urban trees, nitrogen dioxide, and respiratory health. *Environmental Pollution*, *194*, 96-104. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.07.011

Raupp, M., Cumming, A. et Raupp, E. (2006). Street Tree Diversity in Eastern North America and Its Potential for Tree Loss to Exotic Borers. *Arboriculture & Urban Forestry*, *32*(6), 297-304. https://doi.org/10.48044/jauf.2006.038

Reed, C. (2017). OGC GeoRSS Encoding Standard. *Open Geospatial Consortium*. [En ligne]. (Page consultée le 16 décembre 2024).

Ressources Naturelles Canada. (2023). *L'état des forêts au Canada Rapport Annuel*, 116, [En ligne]. (Page consultée le 01 décembre 2024).

Roberts, H. et Van Lissa, C. J. (2019, 26 août). *The effect of short-term exposure to the natural environment on depressive mood: A systematic review and meta-analysis*. Open Science Framework. https://doi.org/10.31219/osf.io/bwpgv

Robert, J. (2021). SQL vs NoSQL : différences, utilisations, avantages et inconvénients. *DataScientest*. [En ligne]. (Page consultée le 10 décembre 2024).

Rosen, M. (2015). Une perspective historique des forêts urbaines au Canada. *Histoires forestières du Québec*, *7*, 27-32.

Sadoun, B., Al-Bayari, O. et Al-Tawara, S. (2022). Open Source GIS Solution: An Overview of the Architecture of Free Open Source Web GIS. *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*. [En ligne]. (Page consultée le 19 décembre 2024).

Santamouris, M. et Vasilakopoulou, K. (2023). Recent progress on urban heat mitigation technologies. *Science Talks*, *5*, 100105. https://doi.org/10.1016/j.sctalk.2022.100105

Schwaab, J., Meier, R., Mussetti, G., Seneviratne, S., Bürgi, C. et Davin, E. L. (2021). The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature Communications*, *12*(1), 6763. https://doi.org/10.1038/s41467-021-26768-w

Shin, Y.-K., Kim, D. J., Jung-Choi, K., Son, Y., Koo, J.-W., Min, J.-A. et Chae, J.-H. (2013). Differences of psychological effects between meditative and athletic walking in a forest and gymnasium. *Scandinavian Journal of Forest Research*, *28*(1), 64-72. https://doi.org/10.1080/02827581.2012.706634

Sjöman, H., Östberg, J. et Bühler, O. (2012). Diversity and distribution of the urban tree population in ten major Nordic cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, *11*(1), 31-39. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.09.004

SOGEFI. (2023). La donnée géographique, source de connaissance du territoire: Les serveurs cartographiques. *Société de Gestion et d'Édition de la donnée Foncière et Immobilière - Ingénierie Géomatique*. [En ligne]. (Page consultée le 30 octobre 2024).

Sousa-Silva, R., Lambry, T., Cameron, E., Belluau, M. et Paquette, A. (2023). Urban forests – Different ownership translates to greater diversity of trees. *Urban Forestry & Urban Greening*, *88*, 128084. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128084

Sousa-Silva, R., Cameron, E. et Paquette, A. (2021). Prioritizing Street Tree Planting Locations to Increase Benefits for All Citizens: Experience From Joliette, Canada. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*, 716611. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.716611

South, E. C., Kondo, M. C., Cheney, R. A. et Branas, C. C. (2015). Neighborhood Blight, Stress, and Health: A Walking Trial of Urban Greening and Ambulatory Heart Rate. *American Journal of Public Health*, *105*(5), 909-913. https://doi.org/10.2105/AJPH.2014.302526

Statistique Canada. (2022). La croissance et l'étalement des grands centres urbains du Canada se poursuivent, [En ligne]. (Page consultée le 12 octobre 2024)

Statistique Canada. (2024). *Recensement de l'environnement : verdure urbaine, 2024*, (11). [En ligne]. (Page consultée le 12 septembre 2024).

Steiniger, S. et Hunter, A. J. S. (2012). Free and Open Source GIS Software for Building a Spatial Data Infrastructure. Dans E. Bocher et M. Neteler (dir.), *Geospatial Free and Open Source Software in the 21st Century* (p. 247-261). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-10595-1_15

Stone, B. J., Vargo, J., Peng, L., DeLucia, A., Trail, M., Yongtao, H. et Armistead, R. (2014). Avoided Heat-Related Mortality through Climate Adaptation Strategies in Three US Cities. *PLOS ONE 9(6): e100852*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100852

STOPDED. (2018). Society To Prevent Dutch Elm Disease Quick Facts.

Sullivan, W. (2014). Wellbeing and Green Spaces in Cities. Dans C. L. Cooper (dir.), *Wellbeing* (1re éd., p. 1-26). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118539415.wbwell070

Tanhuanpää, T., Vastaranta, M., Kankare, V., Holopainen, M., Hyyppä, J., Hyyppä, H., Alho, P. et Raisio, J. (2014). Mapping of urban roadside trees – A case study in the tree register update process in Helsinki City. *Urban Forestry & Urban Greening*, *13*(3), 562-570. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.03.005

Tannir, K. (2015). *Introduction aux bases de données NoSQL*. *54*.

Tsunetsugu, Y., Lee, J., Park, B.-J., Tyrväinen, L., Kagawa, T. et Miyazaki, Y. (2013). Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurements. *Landscape and Urban Planning*, *113*, 90-93. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.01.014

Trevey, Y. D. (2016). *Création d'une norme provinciale pour la collecte des matières résiduelles et intégration à un SIG Web*. Université de Sherbrooke.

Ulrich, R. S. (1984). View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. *Science*, *224*(4647), 420-421. https://doi.org/10.1126/science.6143402

United Nations. (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420). *New York: United Nations*, [En ligne]. (Page consultée le 11 décembre 2024).

Ville de Charlottetown. (2025). *Tree Keeper Software*. https://charlottetownpe.treekeepersoftware.com/index.cfm?deviceWidth=1920

Ville de Montréal. (2013). *Arbres publics de Montréal*. https://quebio.ca/fr/arbresmtl

Ville de Montréal. (2025). *Période de plantation des arbres et arbustes*. [En ligne]. (Page consultée le 01 janvier 2025).

Ville de New York. (2025). New York City Tree Map, Explore and Care For NYC's Urban Forest. Récupéré le 13 octobre 2024 de https://tree-map.nycgovparks.org/

Ville de Sherbrooke. (2017). *Agissons contre l'argile du frêne*. [En ligne]. (Page consultée le 26 février 2025).

Ville de Sherbrooke. (2021). *Plan climat*, [En ligne]. (Page consultée le 21 décembre 2024).

Ville de Sherbrooke. (2024). *Plan nature*. [En ligne]. (Page consultée le 23 décembre 2024).

Ville de Sherbrooke. (2024). *Politique de l'arbre et du verdissement (version préliminaire)*, [En ligne]. (Page consultée le 11 janvier 2025).

Ville de Sherbrooke. (2024). Schéma d'aménagement et de développement révisé en vigueur le 28 novembre 2014. [En ligne]. (Page consultée le 11 février 2025).

Ville de Sherbrooke. (2024). Statistiques : Renseignements généraux, [En ligne]. (Page consultée le 18 janvier 2025).

Wang, C., Wang, Z.-H., Wang, C. et Myint, S. W. (2019). Environmental cooling provided by urban trees under extreme heat and cold waves in U.S. cities. *Remote Sensing of Environment*, *227*, 28-43. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.03.024

Wang, L., Zhao, X., Xu, W., Tang, J. et Jiang, X. (2016). Correlation analysis of lung cancer and urban spatial factor: based on survey in Shanghai. *Journal of Thoracic Disease*, *8*(9), 2626-2637. https://doi.org/10.21037/jtd.2016.09.10

Wang, Y. et Akbari, H. (2016). The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal. *Sustainable Cities and Society*, *27*, 122-128. https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.013

Williams, M. D. (2008). *Guide d'identification des arbres du Québec et de l'est de l'Amérique du Nord*. Broquet.

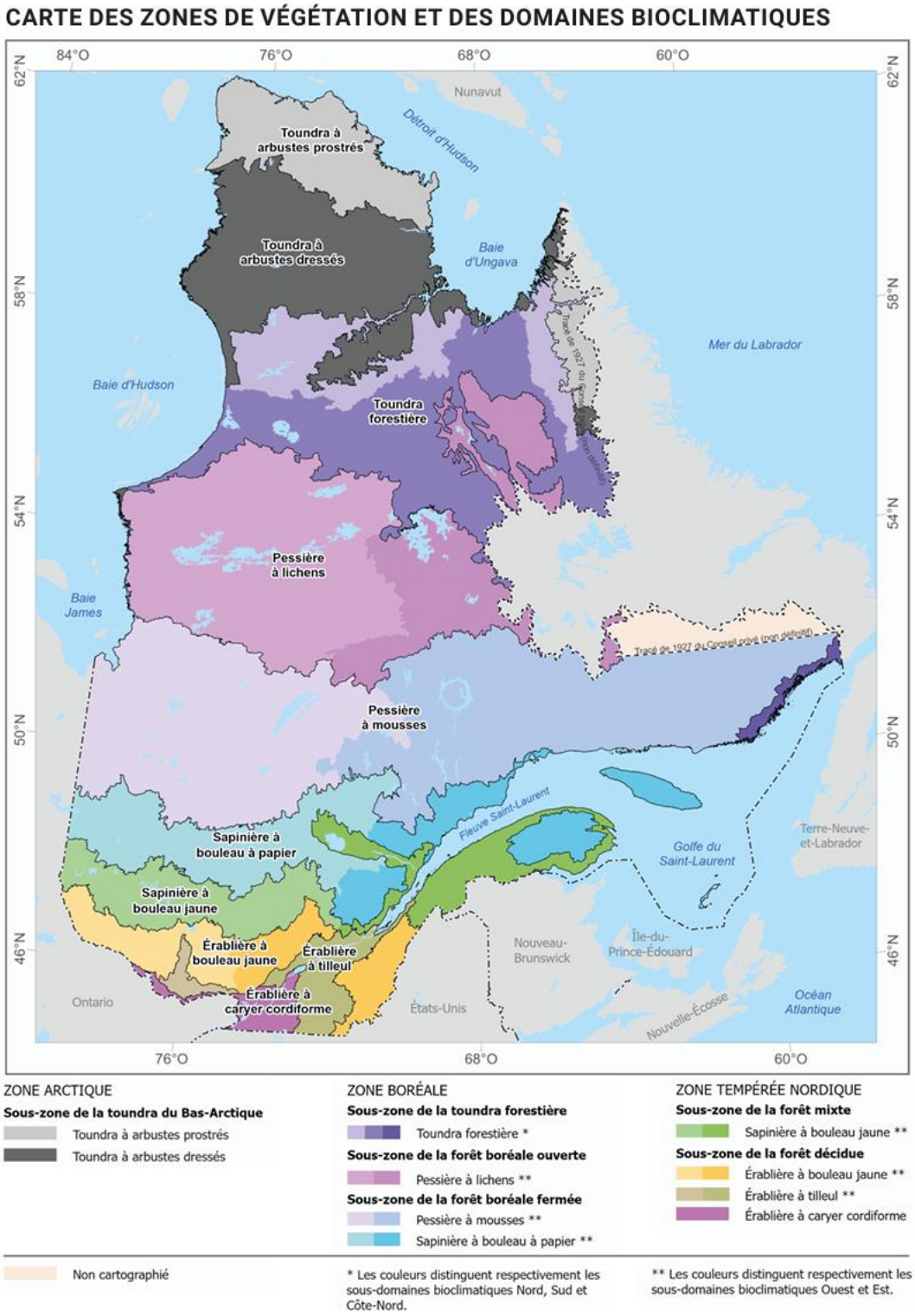
Wulder, M. A., Franklin, S. E., White, J. C., Linke, J. et Magnussen, S. (2006). An accuracy assessment framework for large-area land cover classification products derived from medium-resolution satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, *27*(4), 663-683. https://doi.org/10.1080/01431160500185284

Xiao, Q. et McPherson, E. G. (2002). Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. *Urban Ecosystems*, *6*(4), 291-302. https://doi.org/10.1023/B:UECO.0000004828.05143.67

Ye, H., Brown, M. et Harding, J. (2013). *GIS for All: Exploring the Barriers and Opportunities for Underexploited GIS Applications*. [En ligne]. (Page consultée le 20 décembre 2024).

Zhao, N., Prieur, J.-F., Liu, Y., Kneeshaw, D., Lapointe, E. M., Paquette, A., Zinszer, K., Dupras, J., Villeneuve, P. J., Rainham, D. G., Lavigne, E., Chen, H., Van Den Bosch, M., Oiamo, T. et Smargiassi, A. (2021). Tree characteristics and environmental noise in complex urban settings – A case study from Montreal, Canada. *Environmental Research*, *202*, 111887. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111887

Annexes



Annexe A : Carte des zones de végétation et des domaines bioclimatiques.

Type biologique	Famille botanique	Nombre d'espèce
Conifères	Pin	11
	Épinette	4
	Genévrier / Pruche / Taxode	2
	Sapin / Faux-Cyprès / Thuya	1
	TOTAL Conifères - 8	**25**
Feuillus	Chêne	24
	Caryer	9
	Érable	8
	Magnolia	6
	Frêne / Orme	5
	Bouleau / Peuplier	4
	Nyssa / Saule	3
	Catalpa / Cerisier / Halésier / Marronnier / Micocoulier / Noyer / Tilleul	2
	Ailante / Albizie / Charme / Chicot / Cornouiller / Févier / Fustet / Gainier / Ginkgo / Hêtre / Liquidambar / Maclure / Margousier / Mûrier / Ostryer / Oxydendron / Paulowina / Plaqueminier / Platane / Robinier / Sabal / Sassafras / Tulipier / Virgilier	1
	TOTAL Feuillus - 41	**109**
2	**TOTAL espèces - 49**	**134**

Annexe B : Nombre d'espèce au Québec (inspiré de Williams M.D, 2008).

Type	Genre			Espèce			Statut	Habitat	Avantages[1, 2, 3, 4, 5]	Inconvénients[1, 2, 3, 4, 5]
	LAT	FR	ANG	LAT	FR	ANG				
	Picea	Épinette	*Spruce*	*Picea glauca*	Épinette blanche	*White spruce*	Indigène[1]	Arbre commun dans les forêts septentrionales; pousse dans des sols variés et supporte une vaste gamme de conditions climatiques[3]	Tolère bien l'ombre. Associé au peuplier faux-tremble, au bouleau à papier, à l'épinette noire et au sapin baumier. Très rustique, souvent plantée à des fins d'aménagement paysager et de reboisement. Essentiel pour la fabrication de pâte à papier et de bois d'œuvre.	Sujet à des maladies comme la rouille et le chancre cytosporéen.
				Picea pungens	Épinette bleue	*Blue spruce*	Introduit[1]	Essence pouvant croitre dans des sols très variés[3]	Essence rustique, résistant à la sècheresse. Également utilisé comme brise venté	Coût élevé, en raison de son attrait ornemental. Croissance lente.
				Picea abies	Épinette de Norvège	*Norway spruce*	Introduit[1]	Originaire d'Europe mais on l'a plantée au Québec et ailleurs dans l'Est de l'Amérique du Nord depuis l'époque coloniale[2]	Abondamment utilisée comme brise vent. Arde d'ornement.	En monoculture, elle peut réduire la biodiversité environnante et appauvrir le sol.
	Pinus	Pin	*Pine*	*Pinus strobus*	Pin blanc	*Eastern white pine*	Indigène[1]	Arbre occupant divers types de sol, allant des crêtes rocheuses, sableuses et arides aux tourbières à sphaignes[3]	Bois résistant à la carie. Croissance rapide. Planté à des fins d'aménagement forestier. Sert à fabriquer des patrons, des moules et des meubles. Contribue à la stabilisation des sols et à la prévention de l'érosion. Valeur esthétique.	Vulnérable à des problèmes comme la rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola*) et les scolytes. Essence de lumière. Réagit mal aux environnements fortement pollués.
				Pinus mugo	Pin de montagne	*Mountain pine*	Introduit[1]	Essence indigène dans les montagnes du sud de l'Europe[3]	Utile pour stabiliser les versants escarpés. Élément de base dans aménagement paysagers. Résistance à la sécheresse.	Croissance lente. En raison de sa taille et de sa forme compacte, son bois est rarement utilisé commercialement.
				Pinus virginiana	Pin de Virginie	*Virginia pine*	Introduit[1]	S'épanouit dans des sols bien drainés, acides à neutres, typiquement sablonneux ou argileux avec un peu de limon[3]	Excellente source de pâte à papier. Fournit un abri et des graines pour les oiseaux, les écureuils et d'autres animaux sauvages.	Tolérance limitée à l'ombre. Bois de moindre qualité. Durée de vie relativement courte.
				Pinus resinosa	Pin rouge	*Red pine*	Indigène[1]	Essence occupant le plus souvent des plaines sableuses et des affleurement rocheux[3]	Utile comme brise-vent. Peut se mélanger avec d'autres essences, comme le pin blanc et le peuplier faux-tremble. Utilisé pour la construction, les poteaux électriques, les traverses de chemin de fer et les pâtes à papier grâce à sa durabilité et sa résistance.	Tolérance limitée à l'ombre. Peu adapté aux environnements urbains pollués ou soumis à un excès de sel de voirie. Monocultures problématiques.
				Pinus sylvestris	Pin sylvestre	*Scots pine ou Scotch pine*	Naturalisé[3]	Espèce de pin la plus cosmopolite poussant depuis l'Ouest de l'Europe jusqu'à l'est de l'Asie[2]	Planté fréquemment dans les aménagements paysagers, dans la lutte contre l'érosion et comme rideau-abri. Croissance rapide.	Essence de lumière. Bois de piètre qualité si l'origine du grain est inadéquate. Sensible à un grand nombre d'insectes et de maladies.

				Pinus contorta	Pin tordu	*Lodgepole pine*	Indigène[1]	Arbre occupant divers types de sols et de stations, y compris les dépressions humides[2]	Importante source de bois pour la construction.	Essence ravagée par divers scolytes de l'écorce (*Dendroctonus sp.*).
	Larix	Mélèze	*Larch*	*Larix laricina*	Mélèze laricin	*Tamarack*	Indigène[1]	Préfère les sols humides, légers et bien draines[2]	Croit en mélange avec d'autres essences : l'épinette noire, l'épinette blanche, le peuplier faux-tremble et le bouleau à papier.	Arbre individuel fréquemment endommagé par le porc-épic (*Erethizon dorsatum*). Impacté par la larve de la tenthrède du mélèze (Pristiphora erichsonii). Tolérance limitée à la sécheresse.
	Abies	Sapin	*Fir*	*Abies balsamea*	Sapin baumier	*Balsam fir*	Indigène[1]	Essence adaptable a des climats variés, poussant en peuplement pur ou mélangé[3]	Utilisé pour la production de bois d'œuvre, de pâte à papier et d'huile essentielle. Résistant au froid et adapté aux conditions boréales.	Ravagée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumieferana) toute s les 2 ou 3 decennies. Sencible au pourridié, au puceron lanigére du sapin (Adelges piceae)
	Taxus	If	*Yew*	*Taxus canadensis*	If du Canada	*Canadian yew*	Indigène[1]	Arbuste forestier des sous-bois humides et ombragés, principalement dans les forêts mixtes et feuillues du sud du Québec. Préfère les sols riches, bien drainés et acides[3]	Tolérance élevée à l'ombre, permettant son développement sous couvert forestier. Contient des composés utilisés en pharmacologie (notamment les taxanes, utilisés en chimiothérapie). Bois flexible	Fortement brouté par le cerf de Virginie, ce qui limite sa régénération. Croissance lente et reproduction principalement végétative, réduisant sa capacité de dispersion. Toutes ses parties, sauf l'arille rouge entourant la graine, sont toxiques pour l'homme et plusieurs animaux.
	Metasequoia	Métaséquoia	*Redwood*	*Metasequoia glyptostroboides*	Métaséquoia	*Dawn redwood*	Introduit[1]	Arbre caduc originaire de Chine, planté en milieu urbain et paysager. Préfère les sols humides et bien drainés, tolère des climats tempérés à humides[2, 3]	Croissance rapide et bonne adaptation aux environnements urbains. Résistant aux maladies et ravageurs connus au Québec. Feuillage léger, transformation automnale marquée (orangé/cuivré).	Perte des aiguilles en hiver, limitant son rôle de brise-vent ou d'ombrage hivernal. Sensible aux périodes de sécheresse prolongées, nécessitant une irrigation adéquate.
	Tsuga	Pruche	*Hemlock*	*Tsuga canadensis*	Pruche du Canada	*Eastern hemlock*	Indigène[1]	Arbre poussant dans des sols variés, pourvu que la station soit humide et fraiche[3]	Tolere très bien l'ombre. Peut-etre mélangé avec le bouleau jaune, le pin blanc, l'épinette rouge et l'érable à sucre.	Vulnérable à l'attaque de l'adelgide de la pruche (Adelges tsugae), une espèce envahissante pouvant entraîner un déclin rapide. Croissance lente, limitant son potentiel en sylviculture.
	Thuja	Thuya	*Cedar*	*Thuja occidentalis*	Thuya occidental (ou cèdre)	*White cedar*	Indigène[1]	Arbre poussant surtout dans des régions marécageuses a roche calcaire sous-jacente. Occupe également des sols secs [2, 3]	Peut se mélanger a d'autres essences, comme le pin blanc, le bouleau jaune, la pruche du Canada et l`érable argenté. Sert à la fabrication de piquets de clôtures, de poteaux et de canot. Bois séché résistant à la carie.	Sensible à la pourriture du cœur. Présence de nombreux troncs creux. Susceptible aux infestations par les mineuses du thuya et les pucerons. Croissance lente
	Malus	Pommier	*Apple*	*Malus prunifolia*	Pommier à feuilles de prunier	*Plum-leaf crabapple*	Introduit[2]	Pousse bien dans des sols variés, y compris les sols légèrement acides ou alcalins, tant qu'ils sont bien drainés[3]	Feuillage dense et vert brillant, avec des feuilles ressemblant à celles d'un prunier. Les fleurs attirent les pollinisateurs, comme les abeilles et les papillons, favorisant la biodiversité. Production de fruits.	Sensibilité aux maladies et ravageurs. Fruits abondants tombants. Entretien nécessaire.
				Malus pumila ou Malus	Pommier commun ou domestique	*Apple tree*	Introduit[1]	S'adapte bien aux climats tempéré[3]	Production de fruits comestibles. Variété et personnalisation.	Attaqué par des ravageurs tels que les carpocapses (vers des pommes), les pucerons et les acariens.

				domestica					Idéal pour les jardins résidentiels, les vergers commerciaux ou les plantations ornementales.	Pollinisation nécessaire pour la production de fruits.
				Malus spectabilis	Pommier de Chine	*Chinese crabapple*	Introduit[6]	Pousse bien dans une variété de sols[3]	Feuillage dense. Produits de grandes fleurs roses ou blanches au printemps, souvent parfumées. Taille compacte.	Sensibilité aux maladies et ravageurs. Tolérance limitée à la sécheresse prolongée.
				Malus halliana	Pommetier de Hall	*Hall crabapple*	Introduit[3]	S'adapte bien à différents types de sols, y compris les sols légèrement acides ou alcalins, à condition qu'ils soient bien drainés[3]	Esthétique exceptionnelle. Les petits fruits (pommettes) sont une source de nourriture pour les oiseaux et les petits mammifères.	Utilisation principalement ornementale.
				Malus hupehensis	Pommier de hou-pei	*Tea crabapple*	Introduit[6]	Pousse bien dans une variété de sols, y compris les sols légèrement acides ou alcalins[3]	Esthétique exceptionnelle. Les fleurs attirent les abeilles, les papillons et d'autres pollinisateurs, ce qui soutient la biodiversité. Tolérance urbaine.	Vulnérable à des maladies comme la tavelure du pommier, le feu bactérien et l'oïdium.
				Malus 'Brandywine'	Pommetier Brandywine	*Brandywine crabapple*	Introduits [4, 6]	/	/	/
				Malus 'Belmac'	Pommier Belmac	*Belmac apple tree*				
				Malus 'Redfree'	Pommier Redfree	*Redfree apple tree*				
				Malus 'Royalty'	Pommetier Royalty	*Royalty crabapple*				
				Malus pumila	Pommier	*Domestic apple*				
				Malus (sylvestris)	Pommier (sauvage)	*(European) crabapple*				
				Malus baccata	Pommier microcarpe de Sibérie	*Siberian crabapple*	Introduit[6]	Pousse bien dans une variété de sols, y compris les sols sablonneux, limoneux et légèrement acides, à condition qu'ils soient bien drainés[3]	Production de fruits comestibles. Au printemps, produit une abondance de fleurs blanches ou roses très décoratives. Fournit un habitat pour les pollinisateurs, comme les abeilles, qui sont attirés par ses fleurs riches en nectar.	Nécessite une taille régulière pour conserver sa forme. Les fruits tombés, combinés à une forte germination, peuvent rendre cet arbre envahissant dans certaines zones si non contrôlé.
	Quercus	Chêne	*Oak*	*Quercus macrocarpa*	Chêne à gros fruits	*Bur oak*	Indigène[1]	Arbre occupant les sols calcaires des stations sèches, préférant les basses terres riches et a sol profond[3]	Supporte bien les conditions du milieu urbain. Supporte la sécheresse. Tolère modérément bien l'ombre. Essence résistant bien aux dégâts causés par le feu. Comestible.	À maturité, il peut atteindre une taille imposante. Les jeunes arbres peuvent être endommagés par les rongeurs et les cerfs. Croissance lente.

				Quercus alba	Chêne blanc	*White oak*	Indigène[1]	Arbre venant bien dans les sols variés[2]	Peut se mélanger à d'autres espèces de chênes, au tilleul, au cerisier tardif, aux caryers, à l'érable à sucre, au frêne blanc, au pin blanc et à la pruche du Canada. Bois dur, fort et résistant. Comestible, produit des glands riches en nutriments, qui sont une source de nourriture essentielle pour la faune, notamment les écureuils, les cerfs, les oiseaux et les ours.	Met beaucoup de temps à atteindre sa maturité. Ses racines profondes et larges peuvent endommager les infrastructures voisines, comme les trottoirs et les canalisations. Vulnérable à des problèmes tels que la flétrissure du chêne (*Bretziella fagacearum*).
				Quercus palustris	Chêne des marais	*Pin oak*	Indigène[1]	Arbre poussant principalement dans les sols mal drainés, les marécages et les cours d'eau[2]	Arbre d'ornement. Croit en mélange avec l'orme et le saule. Tolère bien les conditions en milieu urbain. Forme symétrique et feuillage attrayant.	Essence de lumière. Produit de nombreux glands qui tombent en automne, nécessitant un nettoyage fréquent dans les zones résidentielles ou publiques.
				Quercus robur	Chêne pédonculé	*Pedunculate oak*	Naturalisé[3]	Essence d'origine d'Europe. S'adapte à une grande variété de sols, y compris les sols humides, argileux ou bien drainés[3]	Longévité exceptionnelle. Bois de grande qualité. Produit une abondance de glands, une source de nourriture essentielle pour la faune. Héberge une biodiversité impressionnante.	Croissance lente. Vulnérable à la flétrissure du chêne (*Bretziella fagacearum*). À maturité, il peut atteindre une taille imposante (jusqu'à 30 mètres de hauteur et de largeur), ce qui peut poser des défis dans les petits espaces.
				Quercus bicolor	Chêne bicolore	*Swamp white oak*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les basses terres humides et à la lisière des marécages[3]	Bonne tolérance aux sols humides et inondations périodiques. Bois durable et résistant, utilisé en menuiserie et pour la fabrication de tonneaux. Produit des glands appréciés par la faune.	Croissance relativement lente, limitant son usage en foresterie intensive. Sensible à l'oïdium (*Microsphaera alni*), qui peut affecter son feuillage. Vulnérable au compactage des sols et à la pollution urbaine,
				Quercus rubra	Chêne rouge	*Red oak*	Indigène[1]	Le chêne le plus commun de l'est du Canada[1]	Arbre poussant mélangé à d'autres feuillus et au pin blanc. Comestible, produit des glands qui nourrissent une grande variété de faune.	Essence de lumière ne supportant pas la lumière. Racines étendues et puissantes. Vulnérable à des maladies comme la flétrissure du chêne (*Bretziella fagacearum*) et au chancre.
	Phellodendron			*Phellodendron amurense*	Arbre au liège de l'Amour	*Amur cork tree*	Introduit[3]	Sols bien drainés, tolère une grande variété de sols, résistant à la pollution et aux conditions urbaines. Préfère un climat tempéré et supporte bien les hivers[2, 3]	Arbre d'ombrage avec un feuillage dense et large. Tolérant à la sécheresse et à la pollution, bon choix pour les environnements urbains. Écorce épaisse et texturée offrant un intérêt visuel en hiver. Résistant aux maladies et aux insectes.	Peut devenir envahissant dans certains milieux naturels. Production abondante de fruits (drupes noires) pouvant être salissants. Système racinaire étalé qui peut poser des problèmes pour les infrastructures urbaines.
	Acer	Érable	*Maple*	*Acer saccharum*	Érable à sucre	*Sugar mapple*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les sols profonds, fertiles, humides, bien drainés et ayant une certaine teneur en calcaire[2, 3]	Arbre d'ombrage. Utilisé pour fabriquer des meubles et des parquets. Sa sève est la principale source de sirop et de sucre d'érable. Feuillage spectaculaire en automne, avec des couleurs variant du jaune à l'orange et au rouge vif. Attraits culturels.	Croissance lente. Préfère les sols riches, bien drainés et légèrement acides. Vulnérable à des problèmes comme la cochenille et la mineuse de l'érable.

				Acer saccharinum	Érable argenté	*Silver maple*	Indigène[1]	Essence préférant les riches basses terres humides[2]	Refuge pour les animaux. Arbre d'ombrage.	Chute de nombreuses feuilles et de disamares. Branches cassantes. Racines envahissantes pouvant obstruer les tuyaux d'égout.
				Acer platanoides	Érable de Norvège	*Norway maple*	Naturalisé[1]	Essence originaire d'Europe[2]	Esthétique saisonnière. Fournit abri et nourriture à une variété d'espèces animales, notamment les oiseaux et les écureuils.	Bois fragile. Durée de vie relativement courte. Racines envahissantes. Peut développer une structure de branches irrégulière, nécessitant une taille fréquente pour éviter les problèmes de stabilité.
				Acer tataricum subsp. ginnala	Érable du fleuve amour	*Amur maple*	Introduit[3]	Essence arbustive originaire de l'est de l'Asie[2]	Couronne dense (plus d'ombrage). Son feuillage devient rouge vif ou orange à l'automne.	Tolérance limitée aux sols mal drainés. Durée de vie moyenne.
				Acer negundo	Érable à Giguère	*Box elder*	Indigène[3]	Arbre poussant dans les bordures des lacs et des cours d'eau[3]	Ses graines sont une importante source de nourriture pour les oiseaux et les petits mammifères en hiver. Essence s'adaptant a la plupart des sols et résistant au gel et a la sècheresse. Planté comme arbre d'ornement et brise vent.	Croissance plus lente que certaines espèces d'érables. Sensible aux maladies fongiques et aux insectes, comme la cicadelle de l'érable.
				Acer x freemanii	Érable de Freeman	*Freeman maple*	Hybride[6]	Résulte du croisement entre l'érable rouge (*Acer rubrum*) et l'érable argenté (*Acer saccharinum*). Préfère les sols humides à bien drainés et tolère divers environnements urbains et forestiers. Couramment planté en aménagement paysager et en milieu urbain[3, 6]	Croissance rapide et port élancé, idéal pour le reboisement et l'ornementation. Meilleure résistance aux stress urbains	Bois plus cassant que celui de l'érable rouge, rendant l'arbre vulnérable aux bris par le vent ou la glace. Moins longue durée de vie que d'autres érables indigènes comme Acer saccharum. Sensible à la chlorose sur sols alcalins
				Acer rubrum	Érable rouge	*Red maple*	Indigène[1]	Arbre poussant dans des sols humides et se développe bien dans une variété de sols[3]	Arbre d'ornement connue pour son feuillage rouge vif à l'automne. Fournit de la nourriture (graines, bourgeons) pour les oiseaux, les écureuils et d'autres mammifères.	Problèmes de racines envahissantes. Bois de qualité inférieure. Peut produire des drageons (pousses adventives) qui nécessitent un entretien.
	Betula	Bouleau	*Birch*	*Betula lenta*	Bouleau flexible ou bouleau acajou	*Sweet birch*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les stations humides en bordure des cours d'eau. Espèce en voie de disparition[2, 3]	Mélangé au peuplier, au saule et à l'aulne. Production d'huile essentielle. Fournit nourriture et abri à la faune, notamment les oiseaux, les écureuils et certains insectes. Ses graines et ses bourgeons sont une source alimentaire pour de nombreux animaux.	Ne pousse pas bien dans des sols compacts ou mal drainés. Sensible à la pollution atmosphérique et aux environnements urbains très pollués. Moins commun que d'autres espèces de bouleaux, il peut être difficile à trouver pour des projets spécifiques.
				Betula papyrifera	Bouleau à papier	*Paper birch*	Indigène[1]	Arbre poussant en bordure des forêts. Des lacs et des routes, dans une grande variété de sol[3]	Se mélange avec une grande variété d'essences (bouleaux, pin, épinette, pruche, peuplier, érable et le cerisier de Pennsylvanie). Écorce flexible et résistante.	Essence de lumière. Durée de vie relativement courte. Vulnérable à la mineuse du bouleau, au chancre et à la pourriture des racines.
				Betula nigra	Bouleau noir	*River birch*	Indigène[3]	Arbre poussant de l'est du Texas vers le nord-est le long de la plaine inondable du Mississippi, également dans l'est de l'Amérique et du Québec[2, 3]	Tolère la chaleur. Offre un large couvert. Fournit nourriture a de nombreux oiseaux.	Bois noueux. Vulnérable à des ravageurs comme la mineuse des feuilles et à certaines

									Résiste relativement bien à la pollution atmosphérique et peut être planté dans les environnements urbains, en particulier dans les parcs ou le long des routes.	maladies fongiques comme l'anthracnose.
				Betula pendula	Bouleau pleureur	*Weeping birch*	Naturalisé[3]	Arbre originaire d'Europe et d'Asie[2]	Idéal pour l'aménagement paysager. Les graines et le feuillage sont une source importante de nourriture pour la faune locale. Se régénère rapidement après les incendies	Durée de vie relativement courte. Nécessite une exposition ensoleillée pour bien se développer. Racines superficielles et étendues.
				Betula populifolia	Bouleau gris	*Grey birch*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les sols sableux et graveleux, secs ou mouillés[2, 3]	Croissance rapide et capacité de colonisation des milieux ouverts. Tolérant aux sols pauvres et aux conditions de sécheresse modérée. Bois utilisé en papeterie.	Espérance de vie relativement courte (30-50 ans), avec un bois fragile. Sensible aux insectes et maladies, notamment la pyrale du bouleau (*Drepana arcuata*). Moins résistant aux stress environnementaux que d'autres espèces de bouleaux.
				Betula alleghaniensis	Bouleau jaune	*Yellow birch*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les sols riches et humides[2]	Arbre emblématique du Québec. Peut-être mélangé au hêtre, a l'érable a sucre, au tilleul, a la pruche du Canada. Bois de grande valeur économique, utilisé en menuiserie et ébénisterie.	Moins tolérant aux sols compacts et aux stress hydriques prolongés. Sensible à la coupe excessive et aux maladies fongiques, comme la carie du bois.
	Crataegus	Aubépine	*Hawthorn*	*Crataegus chrysocarpa*	Aubépine dorée ou cenellier	*Firebery hawthorn*	Indigène[5]	Arbre appréciant les sols riches en calcium[2]	Feuillage a dimension saisonnière. S'adapte aux environnements urbains et périurbains, résistant à une certaine pollution atmosphérique.	Les branches sont munies d'épines longues et pointues. Nécessite une exposition ensoleillée.
				Crataegus crus-galli	Aubépine ergot-de-coq ou cenellier	*Cockspur hawthorn*	Indigène[3]	Arbre appréciant les sols riches en calcium[2]	Arbre à grande valeur ornementale. Rôle écologique. Idéal comme arbre ornemental isolé, en haie défensive ou dans les plantations naturalistes grâce à sa structure dense et ses épines.	Munie d'épines longues, dures et pointues (jusqu'à 5-8 cm). Sensibilité aux maladies et ravageurs.
				Crataegus monogyna	Aubépine monogyne	*Common hawthorn or one-seed hawthorn*	Naturalisé[1]	Arbre appréciant les sols riches en calcium[2]	Usage médicinal traditionnel. Feuillage saisonnier. Sert de refuge pour de nombreux insectes et petits animaux grâce à ses branches denses et ses épines.	Peut se propager rapidement par graines. Essence de lumière. Sensibilité aux maladies et ravageurs.
	Fraxinus	Frêne	*Ash*	*Fraxinus americana*	Frêne blanc	*White ash*	Indigène[3]	Arbre poussant dans les sols profonds bien drainés et secs[3]	Principale source de bois de frêne commercial. Son feuillage vert brillant, devenant jaune à pourpre à l'automne.	Sensible au stress d'origine climatique. Exigent en eau. Racines envahissantes.
				Fraxinus excelsior	Frêne commun, frêne d`Europe	*European ash*	Introduit[3]	Arbre poussant dans les vallées fluviales et les haies agricoles sur des sols fertiles et bien drainés[3]	Tolérance climatique. Bois de haute qualité. Feuillage dense favorisant l'ombrage. Feuillage vert foncé en été, devient jaune doré à l'automne.	Gravement menacé par la chalarose du frêne (*Hymenoscyphus fraxineus*). Racines envahissantes.
				Fraxinus pennsylvanica	Frêne de Pennsylvanie	*Red ash*	Indigène[3]	Arbre poussant dans les basses terres; confiné aux vallées fluviales dans les Prairies[3]	Peut supporter plusieurs semaines d'inondation pendant la période de dormance.	Envahisseur agressif des espèces urbains. Gravement menacé par l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*).

									Feuillage vert brillant qui devient jaune à l'automne. Bois polyvalent.	
				Fraxinus nigra	Frêne noir	*Black ash*	Indigène[3]	Arbre tolérant aux sols engorgés d'eau. Principalement dans les milieux humides comme les marécages, les tourbières et les forêts riveraines[2, 3]	Bois souple et fibreux, traditionnellement utilisé pour la vannerie et l'ébénisterie. Bonne adaptation aux milieux humides et inondables. Important pour la biodiversité, offrant habitat et nourriture à certaines espèces.	Très vulnérable à l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*).
	Populus	Peuplier	*Poplar*	*Populus deltoides*	Peuplier deltoïde	*Eastern cottonwood*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les stations riches et humides. Essence poussant dans la région de Montréal[3]	Croissance extrêmement rapide. Ombre dense. Fournit nourriture et abri à de nombreuses espèces de faune	Système radiculaire vigoureux peut obstruer les canalisations d'eau. Tolérance limitée à la sécheresse prolongée.
				Populus tremuloides	Peuplier faux-tremble	*Quaking aspen*	Indigène[2]	Arbre occupant une grande variété de type de sols, mais préférant les stations abritées[3]	S'associe avec l'épinette blanche, l'épinette noire, le sapin baumier, bouleau à papier et le pin gris. Écorce blanche lisse avec des teintes vert pâle ou grises, très attrayante même en hiver. Se régénère rapidement après les incendies.	Non souhaitable de le planter en milieu urbain. Durée de vie courte. Propagation excessive.
				Populus balsamifera	Peuplier baumier	*Balsam poplar*	Indigène[4]	Présent dans l'ensemble du Québec, principalement dans les milieux humides comme les rives de cours d'eau et les plaines inondables[3]	Bourgeons produisant une résine odorante aux propriétés médicinales reconnues. Croissance rapide, contribuant à la stabilisation des sols en milieu riverain.	Racines envahissantes. Bois fragile, sujet aux bris. Sensible aux maladies fongiques.
				Populus alba	Peuplier blanc	*White poplar*	Introduit[1]	Originaire d'Europe et d'Asie, introduit en Amérique du Nord pour l'ornementation et la stabilisation des sols. Pousse dans une grande variété de sols, souvent en bordure de rivières, sur les terrains vagues et dans les milieux perturbés[2, 3]	Croissance rapide et forte capacité de régénération par drageons. Résistant aux sols pauvres et aux conditions difficiles. Feuillage décoratif, vert dessus et blanc argenté dessous	Peut devenir envahissant en raison de son système racinaire agressif et de sa forte production de drageons. Bois fragile, rendant l'arbre vulnérable aux bris sous l'effet du vent ou de la glace. Sensible aux maladies fongiques
				Populus nigra / Populus x canadensis	Peuplier noir / du Canada	*Black / Canadian poplar*	Hybride[6]	Résulte du croisement entre le peuplier noir (*Populus nigra*) et le peuplier deltoïde (*Populus deltoides*) Préfère les sols humides mais tolère des conditions variées[1, 2, 6]	Tolérant aux sols pauvres et aux conditions urbaines. Forme élancée, souvent utilisée comme brise-vent ou en alignement paysager.	Sensible aux maladies cryptogamiques et aux attaques d'insectes comme le puceron du peuplier. Racines envahissantes pouvant poser problème en milieu urbain.
				Populus nigra	Peuplier noir	*Black poplar*	Introduit[1]	Cultivar originaire d'Europe[1]	Couronne large et étalée, offrant une ombre dense. Ses graines et son feuillage sont une source de nourriture pour la faune locale.	Racines envahissantes. Vulnérable à des maladies comme la rouille foliaire.
	Fagus	Hêtre	*Beech*	*Fagus grandifolia*	Hêtre à grandes feuilles	*American beech*	Indigène[1]	Arbre poussant sur les versants humides et bien drainés et dans les basses terres fertiles[3]	Noix comestible. S'associe à l'érable à sucre, au bouleau jaune et à la pruche du Canada. Tolère très bien l'ombre. Longévité exceptionnelle. Ses cavités naturelles offrent un abri pour de nombreux animaux.	Bois non durable. Croissance lente. Réagit mal à la pollution atmosphérique et aux sols compactés. Racines étendues et envahissantes.

				Fagus sylvatica	Hêtre commun	*European beech*	Introduit[1]	Essence originaire d'Europe[1]	Tronc lisse et gris argenté, feuillage dense vert foncé en été qui vire au doré ou cuivré à l'automne. Longévité et taille impressionnantes. Bois dense et résistant, utilisé pour les meubles, les planchers, les charpentes, les outils et le chauffage.	Exigences en sol et humidité. Mal adapté aux zones urbaines fortement polluées ou compactées, et sensible au sel de déneigement. Racines superficielles et étendues.
	Corylus	Noisetier	*Hazel*	*Corylus americana*	Noisetier d'Amérique	*American hazelnut*	Indigène[3]	Tolère une grande variété de sols, y compris les sols pauvres, sablonneux ou argileux, à condition qu'ils soient bien drainés[2, 3]	Production de noisettes comestibles. Feuillage vert brillant en été qui vire au jaune à l'automne.	Sensibilité aux maladies et ravageurs. Tendance à s'étendre rapidement en produisant des drageons, ce qui peut nécessiter un contrôle pour éviter qu'il ne devienne envahissant.
				Corylus cornuta	Noisetier à long bec	*Beaked hazelnut*	Indigène[3]	Tolère une grande variété de sols, y compris les sols sablonneux, argileux et acides[2]	Produit des noisettes riches en nutriments, consommées par les humains et une variété d'animaux. Ses racines étendues aident à prévenir l'érosion, notamment sur les terrains en pente ou les zones riveraines.	Vulnérable aux foreurs des noisettes, aux pucerons et à certaines maladies fongiques, comme le chancre. Tolérance limitée à la sécheresse prolongée.
	Sorbus	Sorbier	*Mountain ash*	*Sorbus americana*	Sorbier d'Amérique	*American mountain ash*	Indigène[1]	Pousse bien dans une variété de sols[2]	Peut être utilisé comme arbre ornemental isolé, en haie, ou pour stabiliser les sols sur des pentes ou des zones érodées. Esthétique remarquable.	Préfère une exposition ensoleillée ou légèrement ombragée. Vulnérable à des maladies telles que le feu bactérien, la tavelure, et la rouille.
				Sorbus aucuparia	Sorbier des oiseaux	*Common mountain ash*	Naturalisé[1]	Pousse bien dans une grande variété de sols, y compris les sols pauvres, rocailleux ou légèrement acides, à condition qu'ils soient bien drainés[3]	Se développe rapidement et peut fournir de l'ombre ou des fruits dans un laps de temps relativement court. Utilisation polyvalente.	Peut être attaqué par des ravageurs tels que les pucerons, les perce-branches et les tenthrèdes. Préfère une exposition ensoleillée pour une floraison et une fructification optimale.
	Tilia	Tilleul	*Linden*	*Tilia cordata*	Tilleul à petites feuilles	*Littleleaf linden*	Introduit[1]	Essence originaire du sud de l'Europe[2]	Adapté aux conditions urbaines. Essence plantée dans les aménagements paysagers. Bois léger, facile à travailler, utilisé pour la sculpture, les meubles et d'autres applications artisanales.	Tolérance limitée à la sécheresse prolongée. Taille nécessaire pour l'entretien. Racines envahissantes.
				Tilia americana	Tilleul d'Amérique	*American basswood*	Indigène[3]	Arbre poussant communément sur les versants humides exposés au nord et à l'est[3]	Se mélange à d'autres essences feuillues comme l'érable à sucre, le hêtre a grande feuille, le frêne blanc et le chêne rouge. Feuille en décomposition riches en azote et en minéraux, ce qui améliore le sol. Tolère très bien l'ombre.	Écorce mince qui le rend vulnérable aux dégâts causés par le feu. Vulnérable à des ravageurs comme les pucerons, qui produisent du miellat collant, pouvant attirer des insectes ou salir les véhicules et les trottoirs en dessous. Croissance dense des racines.
	Amelanchier	Amélanchier	*Servicberry*	*Amelanchier arborea*	Amélanchier arborescent	*Downy serviceberry*	Indigène[1]	Arbre occupant des stations sèches dans les zones boisées et les clairières du sud de l'Ontario et du Québec[3]	De nombreux oiseaux et mammifères se nourrissent des rameaux, de l'écorce et des fruits. Esthétique remarquable. Production de fruits comestibles.	Durée de vie relativement courte. Nécessite une taille régulière pour maintenir sa structure esthétique et encourager une bonne production de fleurs et de fruits. Tolérance limitée à la sécheresse prolongée.

				Amelanchier canadensis	Amélanchier du Canada	*Canadian Service berry*	Indigène[2]	Sols bien drainés à légèrement humides, tolère une grande variété de sols, préfère les sols acides à neutres. Se développe bien en lisière de forêt et dans les zones ouvertes[2, 3]	Arbuste ou petit arbre très adaptable aux conditions urbaines. Floraison printanière abondante et décorative (fleurs blanches). Produit des petits fruits comestibles appréciés des oiseaux et des humains. Bonne résistance aux maladies et aux insectes. Tolérant aux conditions urbaines et à la pollution.	Croissance relativement lente. Fruits peuvent salir les trottoirs et attirer la faune urbaine (oiseaux, petits mammifères). Peut être sensible à certaines maladies fongiques comme la rouille et l'oïdium.
	Carya	Caryer	*Hickory*	*Carya cordiformis*	Caryer cordiforme	*Bitternut hickory*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les basses terres humides, ainsi que les sols riches plus élevés[3]	Bois de haute qualité. Fournit un habitat pour la faune, notamment les oiseaux, les écureuils et d'autres mammifères qui consomment ses noix.	Nécessite une exposition ensoleillée pour une croissance optimale. Réagit mal aux environnements urbains fortement pollués ou compactés.
				Carya ovata	Caryer ovale	*Shagbark hickory*	Indigèn[6]	Arbre poussant dans les sols riches et humides[2]	Caryer fournissant la meilleure qualité de bois. Principale source de noix de caryer comestible.	Sensible à certaines maladies fongiques et aux attaques d'insectes comme le bupreste du noyer (*Agrilus bilineatus*).
	Catalpa			*Catalpa speciosa*	Catalpa de l'ouest	*Northern catalpa*	Introduit[1]	Il convient aux climats tempérés et aux zones ouvertes[2]	Idéal comme arbre d'ombrage, pour les grands jardins, parcs et espaces publics. Esthétique remarquable. Croissance rapide. Tolérance au froid et au vent.	Fruits et feuilles tombants. Croissance désordonnée sans taille. Exigences en lumière.
	Prunus	Cerisier	*Cherry*	*Prunus serotina*	Cerisier tardif	*Black cherry*	Indigène[3]	Arbre vivant bien dans des sols variés[2]	Bois décoratif. S'associe bien à l'érable à sucre, au frêne blanc, au tilleul et au bouleau jaune. Production de fruits comestibles.	Essence de lumière. Production de composés toxiques. Attaqué par des ravageurs tels que les pucerons, les perce-branches et les tenthrèdes.
				Prunus cerasifera	Prunier-cerise	*Cherry plum*	Introduit[1]	S'adapte bien à différents types de sols, qu'ils soient légèrement acides, alcalins ou neutres, à condition qu'ils soient bien drainés[3]	Esthétique remarquable. Production de fruits comestibles. Résistant à une certaine pollution atmosphérique, ce qui le rend adapté aux environnements urbains et périurbains.	Attaqué par des ravageurs tels que les pucerons, les tenthrèdes et les carpocapses (vers des fruits). Une taille régulière est recommandée pour maintenir une structure saine.
				Prunus americana 'Superior americana'	Prunier Américana Supérieur	*Superior americana prune tree*	Indigène[6]	Pousse en bordure de forêts, sur des sols bien drainés et en zones ouvertes[3]	Produit des prunes plus grosses et sucrées que l'espèce type. Bonne résistance aux maladies comparée à d'autres pruniers.	Sensible aux maladies fongiques. Croissance vigoureuse pouvant nécessiter une taille régulière.
				Prunus 'Toka'	Prunier Toka Américana	*Toka americana prune tree*	Hybride[6]	Adapté aux climats froids et aux sols bien drainés. Il prospère dans les zones ensoleillées avec un sol modérément riche[2,3]	Excellente pollinisation croisée. Tolérant aux climats froids, adapté aux hivers	Nécessite la présence d'un autre prunier pour une meilleure fructification. Sensible aux maladies fongiques comme la tavelure et la pourriture brune.
				Prunus virginiana	Cerisier de Virginie	*Chokecherry*	Indigène[4]	Arbre poussant communément dans les statons ouvertes à sols riches et humides[2]	Tolérance élevée aux conditions difficiles (sécheresse, sols pauvres, pollution urbaine). Production de fruits comestible.	Sensible à certaines maladies, notamment la rouille couronne du cerisier (*Gymnosporangium spp.*) et la tenthrède du cerisier.

	Lonicera	Chèvrefeuille	*Honeysuckle*	*Lonicera tatarica*	Chèvrefeuille de Tartarie	*Tatarian honeysuckle*	Introduit[4]	S'adapte bien à une variété de sols[2]	Une fois établi, il nécessite peu de soins. Attire les abeilles, papillons et autres pollinisateurs grâce à ses fleurs riches en nectar.	Caractère envahissant. Fruits non comestibles. Floraison réduite à l'ombre.
	Gleditsia	Févier	*Honey locust*	*Gleditsia triacanthos*	Févier d'Amérique	*Honey locust*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les basses terres riches et humides[3]	Peut-être mélangé à d'autres feuillus. Tolérant au sols secs et alcalins. Ces graines et ces gousses constituent une source de nourriture pour les mammifères et les oiseaux. Arbre d'ombrage.	Essence de lumière. Racines envahissantes. Les branches du févier sont relativement fragiles et peuvent se briser sous le poids de la neige, de la glace ou lors de tempêtes.
	Pyrus	Poirier	*Pear*	*Pyrus Pyrifolia*	Poirier Asiatque	*Asian pear Tree*	Introduits[4]	Originaires d'Asie de l'Est, cultivées en climat tempéré dans de nombreuses régions du monde, y compris en Amérique du Nord et en Europe[2,3,4]	Fruits comestibles Floraison printanière abondante et décorative. Adaptées à une large gamme de climats tempérés. Résistantes aux températures froides une fois établies.	Sensibles à certaines maladies comme le feu bactérien et la tavelure du poirier. Besoin de pollinisation croisée pour une production optimale. Fruits tombants pouvant créer des déchets au sol.
				Pyrus communis 'Patten'	Poirier Patten	*Patten pear tree*				
				Pyrus communis 'red Bartlett'	Poirier Bartlett rouge	*Red Bartlett pear tree*				
	Forsythia			*Forsythia suspensa*	Forsythia pleureur	*Weeping forsythia*	Introduit[3]	S'adapte à une large gamme de sols, y compris les sols pauvres ou légèrement calcaires, tant qu'ils sont bien drainés[2]	Arbuste ornemental connu pour sa floraison spectaculaire. Nécessite peu de soins une fois établi. Utilisée en médecine traditionnelle chinoise pour ses propriétés anti-inflammatoires	Propagation envahissante. Tolérance limitée à la sécheresse prolongée. Sensibilité aux maladies et ravageurs.
				Forysthia viridissima	Forsythia vert	*Chinese golden bell tree*	Introduit[5]	Originaire de Chine, cultivé dans de nombreux jardins et espaces verts en climats tempérés. Il pousse bien en sol bien drainé et en plein soleil[2]	Floraison spectaculaire et précoce avec des fleurs jaune vif au début du printemps. Arbuste résistant et facile à cultiver, demandant peu d'entretien. Bonne tolérance à la sécheresse une fois établi. Résiste aux conditions urbaines et à la pollution. Croissance rapide.	Floraison de courte durée (quelques semaines seulement). Peut devenir envahissant si non contrôlé, car il produit de nombreux rejets. Sensible à certaines maladies fongiques (oïdium) et aux pucerons.
	Ginkgo			*Ginkgo bibola*	Ginkgo ou arbre aux quarante écus	*Maiden hair tree ginkgo*	Introduit[1]	On le cultive depuis des siècles en Asie orientale et au Japon, et on le fait pousser un peu partout au nord-est de l'Amérique[2]	Port attrayant. Feuillage intéressant. Immunité contre les insectes et les maladies. Tolérant a la pollution. Comestible. Utilisation médicinale. Longévité exceptionnelle.	Odeur désagréable des fruits (chez les femelles). Production de pollen allergène (chez les males). Croissance lente. Bois peu utile. Intolérant à l'ombre.
	Syringa	Lilas	*Lilac*	*Syringa vulgaris*	Lilas commun	*Common lilac*	Naturalisé[2]	Originaire du sud-est de l'Europe[2]	Essence florifère la plus couramment plantée au Canada. Esthétique exceptionnelle. Facilité d'entretien.	Exigent en lumière. Propagation incontrôlée. Sujet à des maladies comme l'oïdium, le chancre bactérien et certaines infections fongiques.
				Syringa villosa	Lila tardif	*Late Lilac*	Introduit[5]	Pousse bien sur des sols bien drainés, tolère une large gamme de conditions et préfère une exposition ensoleillée[3]	Bonne résistance au froid et aux conditions urbaines. Peu sensible aux maladies.	Croissance modérée à lente comparée à d'autres lilas.

				Syringa reticulata	Lilas japonais	*Japanese tree lilac*	Introdui[5]	Pousse sur une variété de sols bien drainés, avec une préférence pour une exposition ensoleillée[3]	Bonne tolérance aux conditions urbaines (pollution, compaction du sol).	Bois cassant, pouvant être vulnérable aux tempêtes de vent et de glace.
	Euonymus			*Euonymus alatus*	Buisson ardent	*Burning bush*	Introduit[5]	Pousse bien dans divers types de sols, en milieux ouverts ou partiellement ombragés. S'adapte aux environnements urbains et naturels[2, 3]	Feuillage automnal spectaculaire. Très résistant aux conditions urbaines, à la pollution et aux sols pauvres.	Espèce envahissante dans certaines régions d'Amérique du Nord. Sensible aux infestations de cochenilles et d'oïdium en conditions défavorables.
	Gymnocladus			*Gymnocladus dioicus*	Chicot févier	*Kentucky coffeetre*	Indigène[2]	Arbre poussant dans les sols riches et profonds, mélangé a d'autres feuillus[3]	Espèce résistante aux maladies, aux insectes et aux stress environnementaux. Bien adapté aux conditions urbaines grâce à sa tolérance à la pollution et au compactage du sol.	Graines a propriétés toxiques. Croissance relativement lente. Feuillage tardif au printemps et chute précoce à l'automne.
	Magnolia			*Magnolia sp.*	Magnolia	*Magnolia*	Introduit[1]	/	/	/
				Magnolia stellata	Magnolia étoilé	*Star Magnolia*	Introduit[5]	Préfère les sols riches, bien drainés et légèrement acides, avec une exposition ensoleillée à mi-ombragée[2, 3]	Floraison printanière précoce et spectaculaire. Bonne rusticité, tolérant les hivers Port compact, adapté aux petits jardins et aux aménagements paysagers urbains.	Sensible aux gels tardifs. Racines superficielles, limitant la plantation d'autres végétaux à proximité.
	Celtis	Micocoulier	*Hackberry*	*Celtis occidentalis*	Micocoulier occidental	*Common hackberry*	Indigène[3]	Arbre poussant dans divers types de sols[2]	Idéal pour les environnements urbains, résistant à la pollution atmosphérique. Tolère modérément bien l'ombre. Ses fruits comestibles (petites drupes) sont particulièrement appréciés par les oiseaux.	Sensible à un acarien (*Eriophynes sp.*). Peut développer une structure de branches désordonnée
	Hydrangea	Hydrangée	*Hydrangea*	*Hydrangea paniculata*	Hydrangée paniculée	*Panicled hydrangea*	Introduit[5]	Pousse bien sur des sols bien drainés, riches en matière organique et tolère une exposition ensoleillée à mi-ombragée[3]	Floraison abondante en panicules, changeant de couleur en fin de saison. Très rustique. Peu sensible aux maladies et insectes, nécessitant peu d'entretien.	Peut devenir envahissant en l'absence de taille régulière. Attire peu la faune locale (pollinisateurs et oiseaux).
	Morus	Mûrier	*Mulberry*	*Morus alba*	Mûrier blanc	*White mulberry*	Naturalisé[1]	Petit arbre originaire d'Asie centrale[3]	Tolère bien l'ombre. Adapté au milieu urbain. Fruits comestibles.	Racines envahissantes. Sensibilité à certains ravageurs et maladies.
	Juglans	Noyer	*Walnut*	*Juglans nigra*	Noyer noir	*Black walnut*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les basses terres, dans les sols fertiles et bien drainés, isolé ou mélangé a d'autres feuillus[2]	Bois lourd, dur, fort et résistant à la pourriture. Arbre comestible.	Les racines et les feuilles mortes sécrètent une substance toxique, la juglone. Vulnérable à des problèmes comme la maladie du dépérissement du noyer noir (*Thousand Cankers Disease*). Taille massive.
				Juglans cinerea	Noyer cendré	*Butternut*	Indigène[1]	Arbre poussant dans des stations variées, y compris dans les sols rocailleux et secs, mais préfèrent les sols fertiles[3]	Bois de qualité, prisé en ébénisterie et menuiserie. Produit des noix comestibles riches en huiles et protéines, appréciées par la faune et les humains.	Espèce en déclin en raison de la brûlure du noyer cendré (*Ophiognomonia clavigignenti-juglandacearum*), une maladie fongique grave.

	Olea	Olivier	*Olive*	*Elaeagnus angustifolia*	Olivier de bohème	*Russian olive*	Naturalisé[1]	Tolère une variété de conditions de sol, y compris les sols pauvres, salins et secs[3]	Grâce à une association symbiotique avec des bactéries fixatrices d'azote dans ses racines, il enrichit le sol et améliore sa fertilité. Convient comme arbre ornemental, pour les haies ou pour stabiliser les sols dans les zones sujettes à l'érosion.	Tolérance limitée aux zones ombragées. Peut développer une structure de branches désordonnée ou irrégulière. Peut devenir envahissant dans certaines régions.
	Ostrya	Ostryer	*Hop-hornbeam*	*Ostrya virginiana*	Bois de fer (Ostryer de Virginie)	*American hop-hornbeam*	Indigène[1]	Arbre poussant dans les crêtes et des versants bien drainés[3]	Le bois canadien le plus dense. Tolère très bien l'ombre. Nécessite peu de soins une fois établi.	Met du temps à atteindre sa maturité. Sensible aux environnements urbains fortement pollués ou aux sols compactés.
	Ulmus	Orme	*Elm*	*Ulmus americana*	Orme d'Amérique	*American elm*	Indigène[1]	Arbre occupant surtout des stations humides et des plaines alluviales souvent inondées au printemps[3]	Tolère modérément bien l'ombre. Forme majestueuse avec une couronne large et en forme de vase. Bois polyvalent. Traditionnellement utilisé pour les rues bordées d'arbres.	Sensibilité à la maladie hollandaise de l'orme. Ses racines étendues peuvent endommager les infrastructures voisines. Nécessite une exposition ensoleillée pour une croissance optimale.
	Salix	Saule	*Willow*	*Salix babylonica*	Saule pleureur	*Weeping willow*	Introduit[1]	Originaire de Chine, introduit en Amérique du Nord pour l'ornementation. Pousse principalement en milieux humides, en bordure de cours d'eau[2]	Croissance rapide et forte capacité d'absorption de l'eau, utile pour la stabilisation des berges. Aspect ornemental très apprécié pour les parcs et jardins.	Racines agressives pouvant endommager les infrastructures. Sensible aux maladies fongiques (rouille, anthracnose) et aux insectes ravageurs.
	Philadelphus	Seringat	*Mock Orange*	*Philadelphus coronarius*	Seringat commun/Jasmin des poètes	Sweet mock-orange	Introduit[1]	Préfère les sols bien drainés, riches et modérément humides, mais tolère divers types de sols et d'expositions[2, 3]	Floraison abondante et parfumée, très appréciée en aménagement paysager. Peu exigeant en entretien, avec une bonne tolérance à la sécheresse une fois établi.	Sensible aux pucerons et à certaines maladies fongiques (ex. : oïdium).
	Rhamnus ou frangula	Bourdaine	*Buckthorn*	*Rhamnus frangula (syn. Frangula alnus)*	Bourdaine	*Alder Buckthorn*	Naturalisé[1]	Présente dans les milieux humides, les bords de routes et les friches. S'adapte à une large gamme de conditions de sol et de lumière[2, 3]	Croissance rapide et forte capacité d'adaptation. Utilisée historiquement pour ses propriétés médicinales (écorce laxative). Produit des fruits consommés par certaines espèces d'oiseaux.	Espèce envahissante au Québec, concurrençant la végétation indigène et perturbant les écosystèmes forestiers et humides. Modifie la composition du sol en favorisant l'acidification et la libération rapide de nutriments.

Annexe C : Tableau détaillé des arbres de l'inventaire