

N° au catalogue 16-001-M
ISSN 1917-9707
ISBN 978-0-660-77254-7

Série de documents analytiques et techniques sur les comptes et la statistique de l'environnement

La comptabilité des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada

par Stéphanie Uhde, Pier-Olivier Tremblay, Jonathan Whiteley
and Rezvan Taki

Date de diffusion : le 14 juillet 2025



Statistique
Canada

Statistics
Canada

Canada

Comment obtenir d'autres renseignements

Pour toute demande de renseignements au sujet de ce produit ou sur l'ensemble des données et des services de Statistique Canada, visiter notre site Web à www.statcan.gc.ca.

Vous pouvez également communiquer avec nous par :

Courriel à infostats@statcan.gc.ca

Téléphone entre 8 h 30 et 16 h 30 du lundi au vendredi aux numéros suivants :

- | | |
|---|----------------|
| • Service de renseignements statistiques | 1-800-263-1136 |
| • Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants | 1-800-363-7629 |
| • Télécopieur | 1-514-283-9350 |

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle que les employés observent. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1-800-263-1136. Les normes de service sont aussi publiées sur le site www.statcan.gc.ca sous « Contactez-nous » > « [Normes de service à la clientèle](#) ».

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population du Canada, les entreprises, les administrations et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques exactes et actuelles.

Publication autorisée par la ministre responsable de Statistique Canada

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par la ministre de l'Industrie, 2025

L'utilisation de la présente publication est assujettie aux modalités de l'[entente de licence ouverte](#) de Statistique Canada.

Une [version HTML](#) est aussi disponible.

This publication is also available in English.

Table des matières

Remerciements.....	4
Acronymes	4
1 Introduction.....	6
2 Définition des comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada.....	8
2.1 Qu'est-ce qu'un écosystème urbain?	8
2.2 Zones de comptabilité de base et élargie.....	10
3 Étendue de l'écosystème	14
4 Condition de l'écosystème et enjeux environnementaux propres aux zones urbaines	16
4.1 Surfaces imperméables	18
4.2 Eau de surface	19
4.3 Température et autres conditions climatiques	20
4.4 Qualité de l'air ambiant	21
4.5 Qualité de l'eau	22
4.6 Végétation et espaces verts	24
4.6.1 Type de végétation.....	25
4.6.2 Couverture végétale et couverture de la canopée	25
4.6.3 Densité de végétation	26
4.6.4 Santé de la végétation	26
4.6.5 Configuration des zones de végétation	27
4.7 Biodiversité	27
4.7.1 Biodiversité des oiseaux	28
4.7.2 Abondance de pollinisateurs	28
5 Services écosystémiques	29
5.1 Services écosystémiques fournis par l'écosystème urbain	33
5.1.1 Filtration de l'air	33
5.1.2 Régulation du climat local.....	35
5.1.3 Approvisionnement en biomasse locale	36
5.1.4 Loisirs et éducation.....	37
5.1.5 Agrément visuel	39
5.2 Services écosystémiques fournis par les bassins versants immédiatement en amont.....	41
5.2.1 Approvisionnement en eau	41
5.2.2 Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau	42
6 Inégalité environnementale	43
7 Conclusion	45
Glossaire	45
Références bibliographiques	48

La comptabilité des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada

par **Stéphanie Uhde, Pier-Olivier Tremblay, Jonathan Whiteley et Rezvan Taki**

Remerciements

Pour avoir fait part de leurs connaissances, de leur expertise et de leurs idées, ainsi que pour leur contribution aux diverses étapes de préparation de la présente publication, les auteurs tiennent à remercier Allison Bone, Amanda Wright, Ann-Helen Jean-Baptiste, Jennie Wang, Jessica Andrews, Kadeem-Jovan Veilleux-Vaillancourt, Katharine Strong, Kenneth Chu, Lauren Allen, Lori Hohban, Mark Henry, Nicholas Lantz, Patrick Gosztanyi, Rebecca Cameron, Simon Trottier et Tasha Rabinowitz.

Les auteurs tiennent également à remercier les personnes ci-dessous d'avoir passé en revue le cadre :

Sophie Brehain (Institut de la statistique du Québec)

Joanna Eyquem (Climate Risk Institute)

Barbara Frei (Environnement et Changement climatique Canada)

Yannis Kachani, Matthew Quance et Olivia Selvam (Logement, Infrastructures et Collectivités Canada)

Ghislaine Miliu (Ville d'Ottawa)

Lauren Pinault (Statistique Canada)

Brian Robinson (Université McGill)

Derek Robinson (Université de Waterloo)

Carly Ziter (Université Concordia)

Acronymes

AAC : Agriculture et Agroalimentaire Canada

AD : [Aire de diffusion](#)

AR : [Agglomération de recensement](#)

CMBKM : Cadre mondial de la biodiversité de Kunming-Montréal

CO : Monoxyde de carbone

COV : Composé organique volatil

CSERCan : Cohorte santé et environnement du recensement canadien

CTRPOP : [Centre de population](#)

ECCC : Environnement et Changement climatique Canada

FCV : Fraction de la couverture végétale

FRPAA : Fraction de rayonnement photosynthétiquement actif absorbé

INRP : Inventaire national des rejets de polluants

ISF : Indice de surface foliaire

IVDN : Indice de végétation par différence normalisée

lidar : Détection et télémétrie par la lumière

MODIS : Spectroradiomètre imageur à moyenne résolution

NCQAA : Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant

NO₂ : Dioxyde d'azote

O³ : Ozone

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

ODD : Objectif de développement durable

ONU : Organisation des Nations Unies

PM_{2,5} : Particules de diamètre égal ou inférieur à 2,5 microns (matière particulaire fine)

RdE : Recensement de l'environnement

RHN : Réseau hydrographique national

RMR : [Région métropolitaine de recensement](#)

RNCan : Ressources naturelles Canada

SCEE-CE : Système de comptabilité économique et environnementale – Comptabilité des écosystèmes

SO₂ : Dioxyde de soufre

SR : [Secteur de recensement](#)

TME UICN : Typologie mondiale des écosystèmes de l'Union internationale pour la conservation de la nature

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

USDA : United States Department of Agriculture (département de l'agriculture des États-Unis)

ZHC : Zone habitée contiguë

1 Introduction

Les zones urbaines représentent des terres intensément utilisées et des écosystèmes fortement modifiés. Elles sont caractérisées par des établissements humains à forte densité et sont largement influencées par l'intervention humaine (Keith et al., 2020).

Au Canada, comme dans bien d'autres régions dans le monde, la plupart des gens habitent dans les zones urbaines (Ritchie et al., 2024; Statistique Canada, 2022a). Les personnes qui habitent ou travaillent dans les zones urbaines sont confrontées à divers défis environnementaux liés à la perte de la biodiversité, aux changements climatiques et à la qualité de l'environnement, ainsi qu'aux inégalités environnementales, qui sont un enjeu transversal. Ces défis ont une incidence importante sur la santé et les autres aspects du bien-être et font partie des principales préoccupations des administrations publiques locales en matière de politique publique (p. ex. C40, 2025; Ville de Montréal, s. d.; Union internationale pour la conservation de la nature, 2023; Lulham et al., 2023; World Council on City Data, s. d.).

Bien que les zones urbaines soient largement couvertes d'espaces gris, comme des bâtiments, des routes et des stationnements, elles renferment aussi des espaces verts et bleus, comme des parcs, des arbres de rue, des rivières, des étangs et des jardins. Ces actifs verts et bleus, y compris les ouvrages techniques comme les toits verts, fournissent des services écosystémiques qui contribuent aux avantages dont profitent les personnes qui vivent ou travaillent dans les zones urbaines. Ces avantages comprennent l'atténuation des effets des aléas environnementaux, une meilleure adaptation aux conditions environnementales et une meilleure santé physique et mentale par le biais des loisirs exercés en plein air.

Le présent cadre a pour but de fournir les fondements conceptuels de la création de comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada, en s'appuyant sur le [Système de comptabilité économique et environnementale – Comptabilité des écosystèmes \(SCEE-CE\)](#) de l'Organisation des Nations Unies (ONU; United Nations et al., 2021). Il définit la portée des comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines et décrit les concepts sous-jacents, les enjeux environnementaux importants propres aux milieux urbains et les services écosystémiques pertinents (Encadré 1).

L'accent est mis sur les changements écosystémiques qui ont une incidence directe sur le bien-être des résidents et des travailleurs locaux. Toutefois, les activités dans les grandes zones urbaines peuvent aussi influencer sur l'environnement et sur les gens ailleurs dans le monde. Par exemple, la demande en biens industriels et en produits agricoles par les personnes dans les zones urbaines peut entraîner des émissions de polluants dans d'autres régions et pays (Elmqvist et al., 2013; Haberman et Bennett, 2019).

Les comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines fourniront une structure pour l'intégration des données sur l'étendue et la condition de l'écosystème urbain, les services écosystémiques générés par ces zones, ainsi que les avantages pour les communautés locales. Les données et les renseignements fournis peuvent être utilisés pour aborder un large éventail de questions qui relient l'environnement aux populations urbaines, notamment la façon dont les changements dans la condition des écosystèmes à l'intérieur et à proximité des villes influent sur le bien-être.

Les données des comptes peuvent être utilisées pour aider à évaluer les avantages découlant des investissements dans les actifs verts et bleus, particulièrement dans le contexte des changements climatiques. Par exemple, les comptes fourniront des estimations des services de régulation du débit d'eau (atténuation des risques d'inondation) procurés par les espaces verts.

Les données tirées des comptes peuvent aussi appuyer la compilation des indicateurs pertinents en matière de politique publique, y compris les objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU et le Cadre mondial de la biodiversité de Kunming-Montréal (CMBKM). Parmi les exemples, citons la part moyenne de la zone bâtie des villes qui est un espace vert/bleu à usage public pour tous (indicateur phare 12.1 du CMBKM); la proportion moyenne de la surface urbaine construite consacrée à des espaces publics, par sexe, âge et situation au regard du handicap (indicateur 11.7.1 des ODD de l'ONU) et les services fournis par les écosystèmes (indicateur B.1 du CMBKM).

Ces comptes sont créés dans le cadre du programme du [Recensement de l'environnement](#) (RdE) de Statistique Canada. Ce programme fournit des renseignements sur les écosystèmes au Canada pour aider la population canadienne à prendre des décisions fondées sur des données probantes dans le but de protéger et d'améliorer l'environnement.

Organisation et lignes directrices du cadre

Le cadre de comptabilité des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada s'appuie sur le [Système de comptabilité économique et environnementale – Comptabilité des écosystèmes \(SCEE-CE\)](#). Les comptes des écosystèmes organisent les renseignements sur divers types d'écosystèmes afin de permettre le suivi des changements dans leur étendue et leur condition et l'estimation des services écosystémiques, selon une norme statistique internationale (Statistique Canada, 2023a).

D'autres lignes directrices sont en place pour comptabiliser les actifs naturels dans les milieux urbains, notamment le guide pour la divulgation des actifs naturels par les administrations locales, préparé par le Centre Intact d'adaptation au climat de l'Université de Waterloo (Eyquem, 2024). Ces initiatives appuient la production de renseignements sur les actifs naturels par les administrations locales et aident à rendre les données locales plus comparables. Toutefois, le présent cadre de comptabilité des écosystèmes appliquera plutôt les principes et les concepts de la comptabilité nationale.

Le cadre est organisé en fonction des comptes de base définis dans le SCEE-CE, comme suit :

La section 2, « Définition des comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada », fournit des renseignements sur les concepts clés et sur la portée de ces comptes.

La section 3, « Étendue de l'écosystème », décrit et présente des données sur la taille et la croissance des grandes zones urbaines.

La section 4, « Condition de l'écosystème et enjeux environnementaux propres aux zones urbaines », explique les grands enjeux environnementaux ayant une incidence sur le bien-être des personnes qui vivent et travaillent dans les grandes zones urbaines. Elle présente aussi les caractéristiques de condition ainsi que les mesures de condition proposées pour les écosystèmes urbains.

La section 5, « Services écosystémiques », décrit sept services écosystémiques utilisés par les bénéficiaires urbains, ainsi que les mesures proposées pour les comptes pilotes des écosystèmes.

La section 6, « Inégalités environnementales », soulève des considérations additionnelles relativement à la comptabilité des écosystèmes pour les grandes zones urbaines et fournit des exemples de mesures des inégalités environnementales.

L'accent thématique du présent cadre est mis sur les grandes zones urbaines, reconnaissant les effets environnementaux particuliers qui sont présents dans ces zones. Par exemple, la prédominance des surfaces imperméables amplifie les vagues de chaleur en raison de l'effet d'îlot de chaleur urbain et augmente le ruissellement de surface, ce qui peut mener à des débordements d'égouts. La densification peut mener à la réduction des espaces verts et à une hausse du trafic, contribuant ainsi à de plus fortes concentrations de polluants atmosphériques (Deilami et al., 2018; Haaland et Konijnendijk van den Bosch, 2015; Santé Canada, 2022a; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023a).

Le choix des caractéristiques de condition a été orienté par des chaînes logiques axées sur le bien-être de la population. Le bien-être englobe la prospérité et d'autres facteurs, comme la santé, la qualité environnementale et la sécurité (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2020). Une approche axée sur le bien-être et la santé permet d'aborder certaines des principales préoccupations en matière de politique publique en lien avec les grandes zones urbaines, comme les questions liées à la chaleur extrême.

Le présent cadre jette les bases pour créer des comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada. La mise en œuvre de ce cadre reposera sur l'identification et l'intégration continues des données et méthodes pertinentes. Les mesures proposées sont fondées sur la pertinence et la faisabilité potentielle. Des données sont déjà disponibles ou en cours d'élaboration pour certaines des mesures, mais d'autres mesures proposées relèvent davantage de l'aspiration et nécessiteront plus de recherche et de développement. Les divers stades d'avancement sont reflétés dans le niveau de détail des données et des méthodes présentées ici. L'enrichissement et la bonification des comptes au fil du temps reposeront sur la poursuite de la recherche, les partenariats et la collaboration d'experts et du public.

2 Définition des comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada

Les zones urbaines peuvent être définies de différentes façons. Par exemple, celles délimitées selon les limites administratives diffèrent des zones urbaines délimitées en fonction de la taille et de la densité de la population ou des activités économiques (Encadré 2). Dans une perspective écosystémique, les zones urbaines forment un type d'écosystème distinct, ayant une empreinte morphologique observable.

Le présent cadre de comptabilité des écosystèmes et les données connexes ciblent les grandes zones urbaines, bien que certains concepts liés à la condition de l'écosystème urbain et aux services écosystémiques pourront également s'appliquer à de plus petites zones. Au Canada, les plus grandes zones urbaines sont concentrées le long de la frontière sud du pays. Bien que les grandes zones urbaines ne représentent que 0,1 % de la superficie du Canada¹, les nombreuses personnes qui habitent et travaillent dans ces milieux urbains font face à des vulnérabilités et à des défis environnementaux particuliers.

2.1 Qu'est-ce qu'un écosystème urbain?

Dans le SCEE-CE, les écosystèmes sont définis comme étant un espace contigu caractérisé par un « ensemble distinct de composantes biotiques et abiotiques et leurs interactions » (United Nations et al., 2021, paragraphe 2.11). Pour la comptabilité des écosystèmes, le SCEE-CE utilise la typologie mondiale des écosystèmes de l'Union internationale pour la conservation de la nature (TME UICN) à titre de classification de référence.

La catégorie des écosystèmes urbains et industriels (qui englobent les villes, les plus petites zones habitées et les zones industrielles) est un groupe fonctionnel d'écosystèmes relevant du biome d'utilisation intensive des terres de la TME UICN. Ces écosystèmes sont décrits comme étant des zones complexes sur le plan structurel et caractérisées par un ensemble disparate de bâtiments, de routes et d'autres surfaces artificielles, mais aussi de sol nu et d'éléments de végétation ou hydrographiques de tailles et de formes diverses (p. ex. des parcs, des jardins, des arbres de rue, des rivières et des zones riveraines). Les écosystèmes urbains et industriels ont souvent des communautés biotiques simplifiées et des fonctions écosystémiques altérées. De plus, ils dépendent fortement des flux externes d'eau, d'énergie et de nutriments (Keith et al., 2020).

Les classes de couverture terrestre fondées sur les données dérivées de l'observation de la Terre peuvent aider à cerner les surfaces artificielles et les zones bâties, y compris les zones habitées, les routes, les zones industrielles, les mines et les carrières, les fermes et les établissements petits ou isolés.

1. Ce pourcentage correspond à la proportion de la superficie totale du pays couverte par les grandes zones habitées contiguës, qui correspondent aux grands [centres de population](#) urbains.

En s'appuyant sur les données de couverture terrestre dérivées de l'observation de la Terre, Statistique Canada a créé des aires géographiques appelées « zones habitées contiguës » (ZHC) pour représenter les zones habitées en fonction de leur empreinte morphologique (pour en savoir plus, consulter Allen et Henry, 2023). Les limites des ZHC correspondent à la transition biophysique entre l'écosystème urbain et les écosystèmes adjacents naturels, semi-naturels et agricoles, ce qui cadre avec la catégorie « écosystèmes urbains et industriels » de la TME UICN.

Les ZHC ont été créées pour les [centres de population \(CTRPOP\)](#) comptant plus de 5 000 personnes, selon le Recensement de la population de 2021. Les ZHC associées aux grands CTRPOP urbains (population de 100 000 habitants ou plus) correspondent aux grandes zones urbaines ciblées par le présent cadre².

Les aires géographiques urbaines et la nécessité d'avoir des limites morphologiques pour la comptabilité des écosystèmes

Il existe de multiples représentations géographiques des zones urbaines. Les géographies du recensement, comme les [centres de population \(CTRPOP\)](#), ne représentent pas pleinement les caractéristiques biophysiques distinctes associées aux écosystèmes urbains. Elles surestiment ou sous-estiment les limites de l'empreinte morphologique des écosystèmes urbains en incluant de grandes zones de terres naturelles, semi-naturelles et agricoles situées en périphérie de la zone habitée ou en excluant des portions de zones habitées contiguës (carte 1).

Les CTRPOP sont des zones d'au moins 1 000 habitants et d'une densité de population de 400 habitants ou plus au kilomètre carré. Les grands CTRPOP urbains ont une population de 100 000 habitants ou plus, les CTRPOP moyens ont une population de 30 000 à 99 999 habitants et les petits CTRPOP comptent moins de 30 000 habitants. Toutes les régions à l'extérieur des CTRPOP sont considérées comme étant rurales (Statistique Canada, 2023b).

Les [régions métropolitaines de recensement \(RMR\)](#) et les [agglomérations de recensement \(AR\)](#) sont formées d'une ou de plusieurs municipalités adjacentes situées autour d'un CTRPOP (aussi appelé le noyau). Les RMR et les AR peuvent inclure un ou plusieurs CTRPOP, y compris les régions rurales qui les séparent. Pour faire partie d'une RMR ou d'une AR, les municipalités adjacentes doivent avoir un haut degré d'intégration économique avec le noyau, déterminé par le pourcentage de navetteurs. Les RMR doivent avoir une population totale d'au moins 100 000 habitants et leur noyau doit compter au moins 50 000 habitants (Statistique Canada, 2023b).

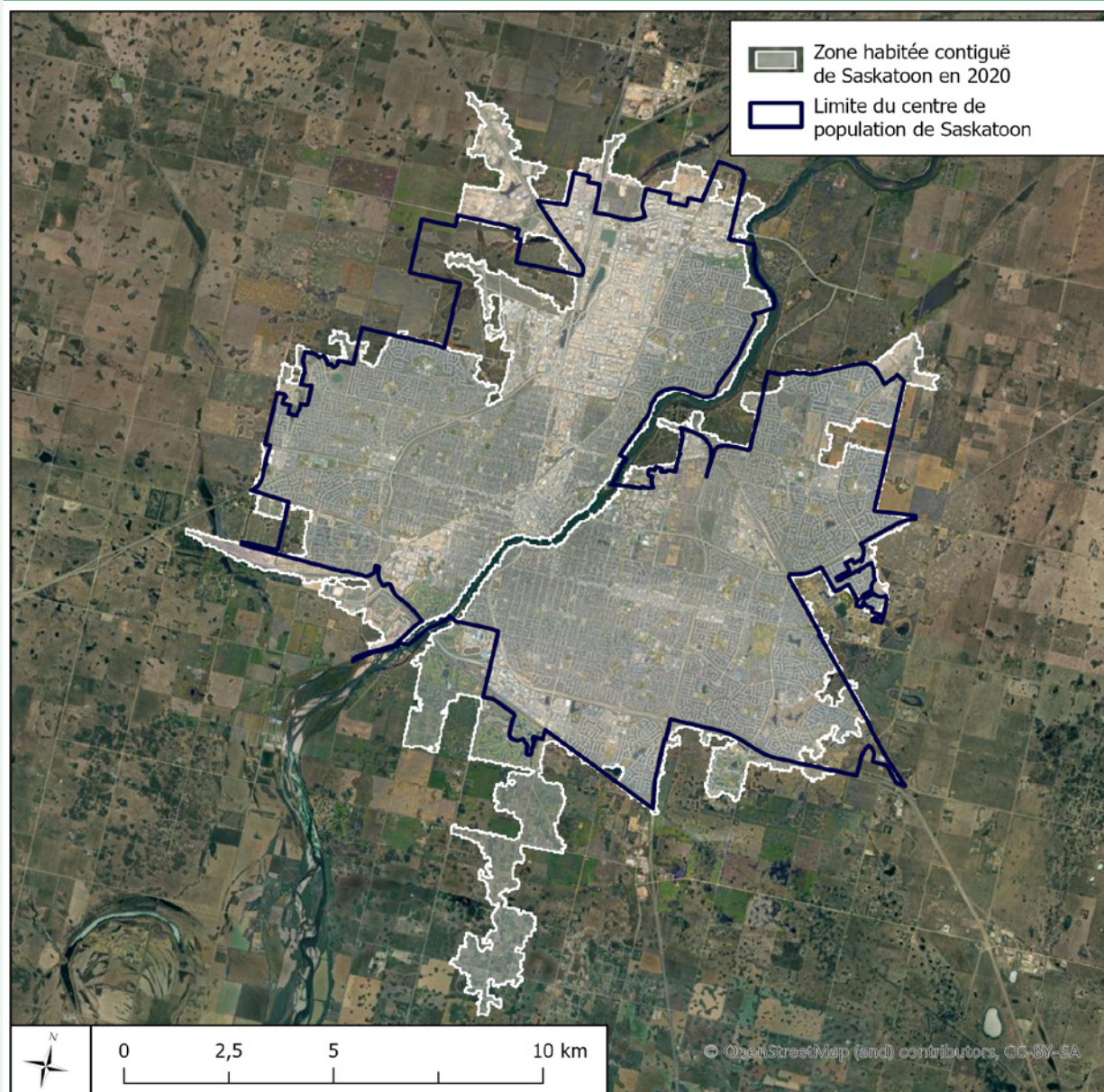
Les zones habitées contiguës (ZHC) représentent les zones habitées en fonction de l'empreinte morphologique de l'écosystème urbain sur le territoire (Allen et Henry, 2023)³. Les limites des ZHC ont été définies pour les CTRPOP comptant plus de 5 000 habitants ainsi que pour les plus petits CTRPOP faisant partie d'une RMR ou d'une AR, selon les données du Recensement de la population de 2021. Les ZHC sont dérivées des données tirées des séries chronologiques d'utilisation des terres semi-décennales d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) (AAC, 2023a), qui ont une résolution de 30 mètres et s'appuient principalement sur l'observation de la Terre.

2. Cette définition repose sur la taille de la population à l'intérieur du périmètre du CTRPOP, ce qui peut différer de la taille de la population à l'intérieur du périmètre de la ZHC.

3. D'autres pays ont également défini des régions semblables aux ZHC du Canada, notamment les « [zones morphologiques urbaines](#) » de l'Agence européenne pour l'environnement (page consultée le 17 octobre 2024) et les « [Open Built Up Areas](#) » ([zones bâties ouvertes](#)) de la Grande-Bretagne établies par l'Ordnance Survey (page consultée le 17 octobre 2024).

Carte 1

Zone habitée contiguë de Saskatoon en 2020 et limite du centre de population de 2021



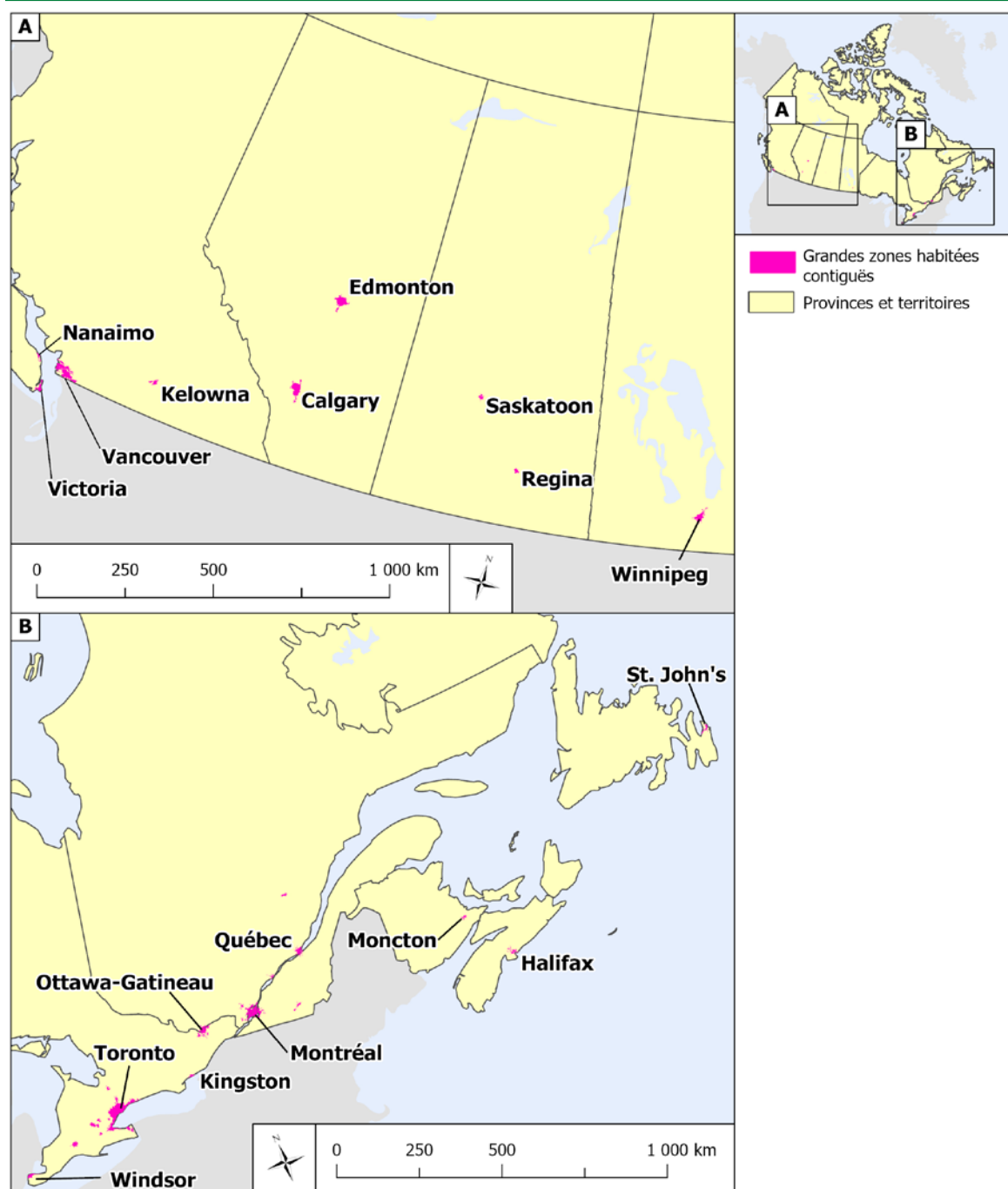
Sources : Statistique Canada. (2023c). *Zones habitées contiguës : empreintes de peuplement, 2010 et 2020* [ensemble de données]. Consulté le 25 février 2025. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/99464b99-92ef-462f-b67a-85cea6b986fc>; Statistique Canada. (2023d). *Recensement de 2021 - Fichiers des limites* [ensemble de données]. Consulté le 25 février 2025. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/geo/sip-pis/boundary-limites/index2021-fra.cfm?year=21>.

2.2 Zones de comptabilité de base et élargie

Le présent cadre propose deux échelles d'aires géographiques pertinentes à la comptabilité des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada.

Le principal ensemble de tableaux sera appliqué à une zone de comptabilité de base constituée des 30 grandes ZHC (section 2.1 et carte 2). Les données des comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada seront compilées pour la zone de comptabilité de base, y compris les estimations de l'étendue, de la condition et des services écosystémiques. Selon la disponibilité des données, la portée des comptes des écosystèmes urbains pour le Canada pourrait ultimement être élargie afin d'inclure de plus petites ZHC, bien que les défis environnementaux puissent être différents pour ces dernières (Kendal et al., 2020).

Carte 2
Grandes zones habitées contiguës au Canada, 2020

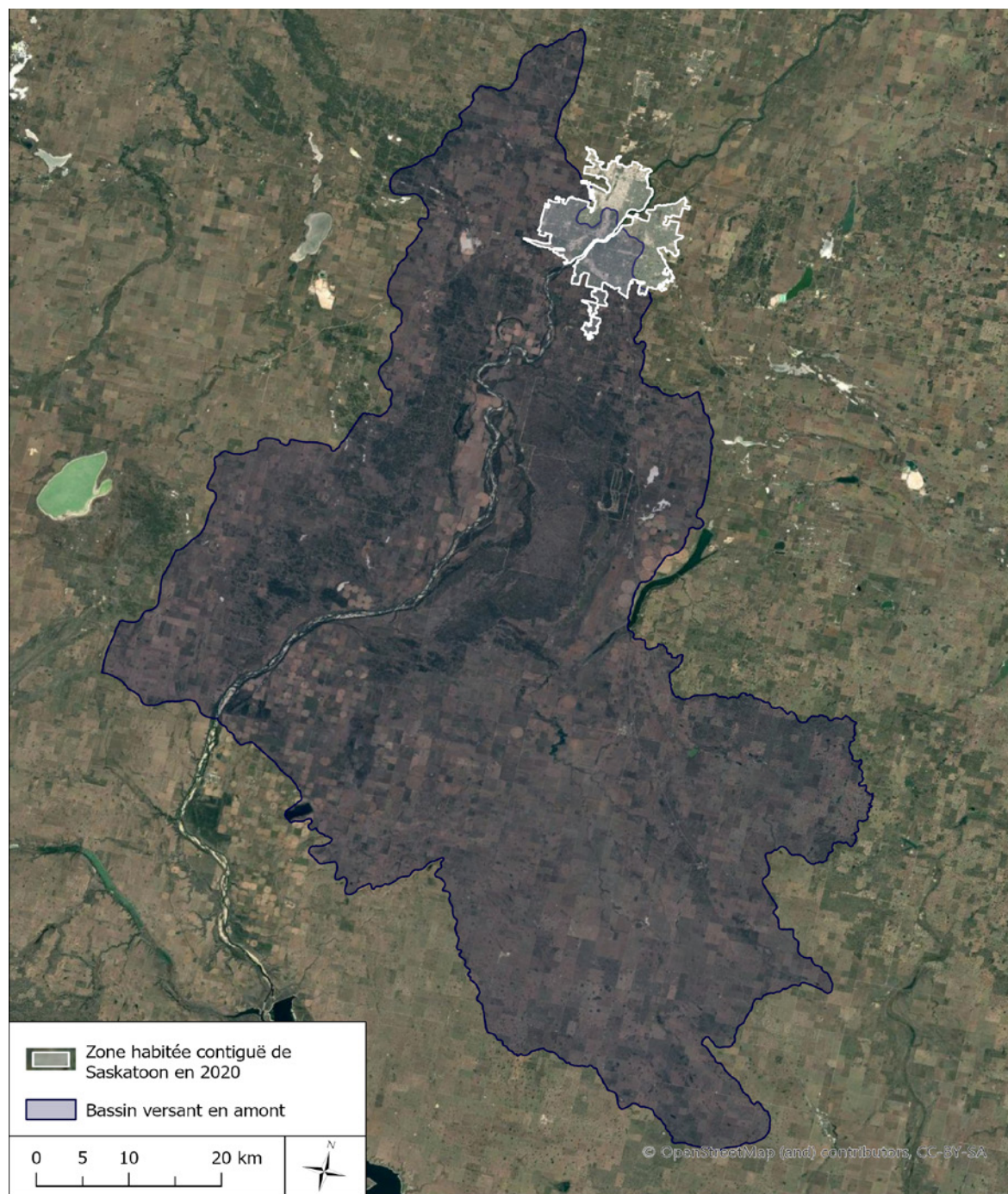


Sources : Statistique Canada. (2023c). *Zones habitées contiguës : empreintes de peuplement, 2010 et 2020* [ensemble de données]. Consulté le 25 février 2025. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/99464b99-92ef-462f-b67a-85cea6b986fc>; Statistique Canada, Division des comptes et de la statistique de l'environnement.

L'une des limites rattachées à la définition de la zone de comptabilité de base fondée sur le périmètre des ZHC est que les écosystèmes à l'extérieur des frontières urbaines qui fournissent des services à la population urbaine sont exclus des tableaux de comptabilité. Une zone de comptabilité élargie est donc proposée pour tenir compte du flux de certains services fournis aux zones urbaines par les écosystèmes voisins.

La zone de comptabilité élargie correspond aux bassins versants situés immédiatement en amont des grandes zones urbaines, qui influent directement sur les services d’approvisionnement en eau et sur les services de régulation du débit d’eau pour atténuer les effets d’événements extrêmes liés à l’eau sur la population urbaine (carte 3 et section 5.2). La proximité de ces bassins versants à la zone urbaine signifie également que les pressions de l’urbanisation sont plus fortes à cet endroit comparativement aux secteurs plus loin en amont.

Cependant, la zone de comptabilité ne couvre pas la totalité du « bassin de services » où les services écosystémiques sont fournis et utilisés (Zhang et al., 2025). Pour les services d’approvisionnement en eau et les services de régulation du débit d’eau pour atténuer les effets d’événements extrêmes liés à l’eau, le bassin de services pourrait être beaucoup plus vaste que les bassins versants situés immédiatement en amont et inclure des écosystèmes terrestres et d’eau douce situés dans toute l’aire de drainage principale en amont. Des bassins versants en aval peuvent également servir à l’approvisionnement en eau de certaines municipalités. La définition d’une zone de comptabilité élargie fondée sur les bassins versants situés immédiatement en amont constitue un premier pas vers la comptabilité des services écosystémiques provenant de l’extérieur des zones urbaines, y compris éventuellement les services de loisirs et d’éducation.

Carte 3**Bassin versant en amont de la zone habitée contiguë de Saskatoon, 2020**

Sources : Ressources naturelles Canada. (2022). *Réseau hydro national - RHN - Série GéoBase* [ensemble de données]. Consulté le 25 février 2025. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/a4b190fe-e090-4e6d-881e-b87956c07977>; Statistique Canada. (2023c). *Zones habitées contiguës : empreintes de peuplement, 2010 et 2020* [ensemble de données]. Consulté le 25 février 2025. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/99464b99-92ef-462f-b67a-85cea6b986fc>.

3 Étendue de l'écosystème

L'étendue de l'écosystème pour les grandes zones urbaines correspond à la superficie des ZHC qui forment la zone de comptabilité de base. L'étendue de l'écosystème urbain évolue à mesure que la zone urbaine prend de l'expansion, phénomène aussi appelé « étalement urbain ».

En 2020, les grandes zones urbaines couvraient plus de 11 000 kilomètres carrés de la superficie intérieure du Canada, en hausse de 2,4 % par rapport à 2010 (tableau 1). Les ZHC de Toronto, de Calgary et d'Edmonton ont connu les plus fortes expansions au cours de cette période, le taux de changement le plus important étant observé à Milton.

La surveillance de l'empreinte des écosystèmes urbains fournit des estimations des ajouts de nouvelles zones habitées aux zones urbaines. D'autres types d'écosystèmes qui entourent les écosystèmes urbains, y compris les forêts, les terres cultivées, les terres humides, les lacs et les rivières, sont perdus ou dégradés en raison de l'expansion urbaine.

Tableau 1
Étendue de l'écosystème pour les grandes zones urbaines

Zones habitées contiguës	2010	2020	Variation en pourcentage de 2010 à 2020
	km ²		pourcentage
Total, grandes zones habitées contiguës	11 057,97	11 322,81	2,4
Toronto, Ontario	2 352,19	2 405,61	2,3
Vancouver, Colombie-Britannique	1 323,74	1 344,38	1,6
Montréal, Québec	1 291,91	1 311,52	1,5
Calgary, Alberta	851,90	885,04	3,9
Edmonton, Alberta	796,43	820,52	3,0
Winnipeg, Manitoba	535,64	555,37	3,7
Ottawa–Gatineau (partie de l'Ontario), Ontario	437,02	452,02	3,4
Québec, Québec	370,89	374,98	1,1
Kitchener, Ontario	251,33	257,28	2,4
Halifax, Nouvelle-Écosse	251,65	253,05	0,6
Victoria, Colombie-Britannique	241,31	243,37	0,9
London, Ontario	216,42	227,62	5,2
Kelowna, Colombie-Britannique	206,72	211,16	2,2
Windsor, Ontario	191,09	193,41	1,2
St. Catharines–Niagara Falls, Ontario	170,15	174,72	2,7
St. John's, Terre-Neuve-et-Labrador	160,58	162,51	1,2
Ottawa–Gatineau (partie du Québec), Québec	153,61	155,66	1,3
Saskatoon, Saskatchewan	145,95	153,93	5,5
Regina, Saskatchewan	126,88	132,09	4,1
Sherbrooke, Québec	128,50	130,50	1,6
Moncton, Nouveau-Brunswick	115,76	117,12	1,2
Trois-Rivières, Québec	99,62	103,33	3,7
Chicoutimi–Jonquière, Québec	98,47	100,09	1,6
Saint-Jérôme, Québec	95,74	97,02	1,3
Nanaimo, Colombie-Britannique	96,09	96,54	0,5
Kingston, Ontario	89,80	91,62	2,0
Barrie, Ontario	84,19	88,47	5,1
Guelph, Ontario	74,27	77,14	3,9
Brantford, Ontario	61,12	62,73	2,6
Milton, Ontario	39,00	44,00	12,8

Notes : Les valeurs présentées dans ce tableau ont été arrondies. Les augmentations de la superficie d'une zone habitée contiguë (ZHC) au fil du temps ne veulent pas nécessairement dire qu'une conversion de terres naturelles, semi-naturelles ou agricoles en zones bâties s'est produite dans l'ensemble de la zone de changement. Par exemple, des zones non bâties auraient pu devenir encloisonnées dans une ZHC en raison de la croissance de la zone bâtie. Pour obtenir plus de détails, voir Allen et Henry (2023); et Statistique Canada (2023c). Puisque la zone habitée contiguë d'Ottawa–Gatineau est associée à un centre de population qui chevauche une frontière provinciale, elle a été divisée en portion provinciale (partie de l'Ontario et partie du Québec). Pour calculer l'étendue de la ZHC en entier, les utilisateurs peuvent faire la somme de l'étendue des deux portions provinciales.

Source : Statistique Canada (s. d.-a), Tableau 38-10-0163-01 Étendue et croissance des zones habitées contiguës [tableau de données]. Extrait le 20 mars 2025.
<https://doi.org/10.25318/3810016301-fra>.

Les écosystèmes urbains peuvent être classés de façon plus détaillée en fonction de leurs composantes (p. ex. en fonction de la couverture terrestre détaillée ou de la catégorie d'utilisation des terres). Une façon de classer les composantes au sein des écosystèmes urbains serait de distinguer les espaces verts et bleus des espaces gris, ces derniers étant principalement couverts de surfaces imperméables comme des bâtiments, des routes et des stationnements.

Les espaces urbains verts et bleus (Encadré 3) contribuent grandement au bien-être des personnes qui vivent et travaillent dans les zones urbaines, car ils offrent des services écosystémiques. Par exemple, ils filtrent les polluants atmosphériques, refroidissent la température de l'air et atténuent les risques d'inondation. Le développement ou la densification à l'intérieur des limites existantes d'une zone urbaine peut entraîner la perte ou la dégradation de ces espaces (Haaland et Konijnendijk van den Bosch, 2015; Mohajeri et al., 2015).

Des indicateurs internationaux, comme l'indicateur 12.1⁴ du CMBKM et l'indicateur 11.7.1⁵ des ODD de l'ONU, visent la mesure des espaces urbains verts et bleus. Afin de pouvoir mesurer ces indicateurs pour les villes partout au pays, il faudra cartographier les espaces urbains verts et bleus à usage public d'une manière cohérente et exhaustive. La présence de végétation et d'eau dans les villes est considérée comme étant une condition de l'écosystème urbain et est abordée en détail à la section 4.

Espaces urbains verts et bleus et concepts connexes

Les espaces urbains verts et bleus désignent la présence de végétation et d'eau dans les zones urbaines. Le CMBKM définit ces espaces verts et bleus comme étant des zones de végétation et d'eaux intérieures et côtières, habituellement à l'intérieur ou à proximité des zones urbaines ou d'autres zones à forte densité de population (Convention on Biological Diversity, s. d., « Explanation of the target and its elements »).

Voici quelques exemples d'espaces urbains verts : les parcs publics et privés, les cours, les arbres de rue, les aires gazonnées (p. ex. les cimetières) ainsi que les ouvrages techniques conçus pour imiter les fonctions de la nature (p. ex. les toits verts, les noues végétalisées, les jardins de pluie et autres systèmes de gestion des eaux pluviales intégrés à l'aménagement paysager). De plus, les espaces sous-utilisés, comme les lots vacants et les bandes végétalisées le long des routes, des chemins de fer et des rivières, peuvent fournir des services écosystémiques comparables (Luo et Patuano, 2023; Mendes et al., 2024; Sikorski et al., 2021).

La détection exacte des espaces verts urbains à l'aide d'images tirées de l'observation de la Terre constitue un défi de taille. Les espaces verts sont souvent petits et comprennent des éléments bâtis. Dans les parcs publics, par exemple, on retrouve souvent des surfaces recouvertes d'asphalte, des terrains de jeux et de petits bâtiments. Selon la résolution de la source des données, ces espaces sans végétation peuvent avoir une incidence sur la mesure des espaces verts (section 4.6).

Dans le même ordre d'idées, certains types d'espaces bleus urbains sont plus facilement repérables que d'autres. Les lacs, les rivières et les côtes sont les entités hydrographiques les plus vastes et les plus facilement remarquables dans les villes. Toutefois, les plans d'eau plus petits, comme les étangs, fournissent aussi des services écosystémiques dans les zones urbaines (Ribbe et al., 2024).

L'infrastructure verte désigne la gestion et l'interconnexion des espaces verts et bleus pour appuyer les services écosystémiques dont bénéficient les populations urbaines (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b). Les solutions fondées sur la nature constituent un concept plus vaste qui fait référence aux mesures prises pour tirer profit des processus naturels afin d'aborder les enjeux de développement durable (Cohen-Shacham et al., 2016; pour obtenir plus de renseignements sur ces concepts, voir Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 2021).

4. Part moyenne de la zone bâtie des villes qui est un espace vert/bleu à usage public pour tous.

5. Proportion moyenne de la surface urbaine construite consacrée à des espaces publics, par sexe, âge et situation au regard du handicap.

4 Condition de l'écosystème et enjeux environnementaux propres aux zones urbaines

Bien qu'il ne soit pas toujours évident d'établir un lien entre la taille des villes et la gravité des divers enjeux environnementaux auxquels elles font face, il n'en demeure pas moins que le nombre de personnes affectées par les conditions environnementales urbaines est en augmentation. En 2021, 61 % des personnes vivaient dans de grands CTRPOP urbains au Canada (Statistique Canada, 2022a). De 2016 à 2021, la population a connu une croissance plus rapide dans ces régions (+5,8 %) que dans l'ensemble du Canada (+5,2 %), et a affiché des taux de croissance oscillant entre 5,3 % et 22,3 % dans 26 des 34 grands CTRPOP urbains (Statistique Canada, 2022b).

Les changements climatiques peuvent aggraver les aléas environnementaux et influencer sur la qualité de l'environnement dans les grandes zones urbaines. Par exemple, la hausse des températures et les changements dans la fréquence ou la gravité des tempêtes, des inondations et des feux de forêt ont un effet sur le bien-être de la population canadienne, y compris la population qui vit et travaille dans les grandes zones urbaines (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023a). Dans un tel contexte, le maintien du bien-être de la population urbaine dépend de la mise en place de mesures d'adaptation aux changements climatiques, comme la transformation de surfaces imperméables en surfaces perméables et un meilleur accès aux espaces urbains verts et bleus.

Les comptes de la condition des écosystèmes mesurent la qualité des écosystèmes en fonction de leurs caractéristiques abiotiques et biotiques. Ils fournissent des renseignements sur la dégradation des écosystèmes, ainsi que sur les facteurs qui influent sur la fourniture des services écosystémiques. Le tableau 2 présente les caractéristiques de la condition et les mesures proposées pour le présent cadre, selon la typologie de la condition des écosystèmes utilisée dans le SCEE-CE.

Les mesures de la condition permettent d'orienter les politiques publiques ou les analyses en matière urbaine. Elles sont sensibles aux pressions et aux interventions humaines et montrent un changement de direction au fil du temps (United Nations et al., 2021, Annexe A5.1)⁶. De plus, les caractéristiques et les mesures de condition exercent une forte influence sur les sept services écosystémiques sélectionnés dans le présent cadre (section 5). Les données associées à ces mesures peuvent servir à modéliser l'offre de services écosystémiques ou à fournir un contexte aux fins de l'analyse et de l'interprétation.

Au moment de sélectionner les mesures de condition, la faisabilité de la compilation des données a été considérée. Par contre, il faudra plus de recherches et de développement pour en arriver à des données sur la condition des écosystèmes pouvant être comparées dans l'ensemble du Canada pour les zones de comptabilité de base et élargies. Certaines données peuvent être incomplètes ou de qualité insuffisante; dans de tels cas, des données de substitution peuvent être utilisées. Même si la plupart des mesures de condition sont produites par zone urbaine, leur désagrégation selon de plus petites unités géographiques sera une priorité lorsque les données seront disponibles.

6. Les caractéristiques de condition qui sont stables ou non sensibles à l'activité humaine, comme les précipitations, ainsi que les données démographiques et les renseignements sur les émissions ou les pratiques de gestion, sont considérées comme étant des variables auxiliaires. Ces variables ne font pas l'objet d'un suivi dans les comptes de la condition et ont été exclues du tableau 2. Les données auxiliaires peuvent tout de même être pertinentes pour la compilation des comptes des écosystèmes.

Tableau 2

Caractéristiques de la condition des écosystèmes et mesures proposées selon la typologie de la condition des écosystèmes, et lien avec les services écosystémiques sélectionnés

Groupe	Classe	Caractéristiques de condition	Mesures proposées	Unité de comptabilité	Lien avec les services sélectionnés (voir la section 5)
Caractéristiques abiotiques de l'écosystème	État physique	Surfaces imperméables (section 4.1)	Proportion des surfaces imperméables dans la zone urbaine totale	Base	- Régulation du climat local - Approvisionnement en eau - Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau
		Eau de surface (section 4.2)	- Proportion de l'eau de surface dans la zone urbaine totale, par type de plan d'eau - Longueur de la côte en bordure de la zone urbaine, par type de plan d'eau	Base	- Régulation du climat local - Loisirs et éducation - Agrément visuel
		Température (section 4.3)	Moyenne de la température de l'air quotidienne maximale (jour) et minimale (nuit) en juillet et en août	Base	- Régulation du climat local - Approvisionnement en biomasse locale
				Élargie	- Approvisionnement en eau - Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau
			Moyenne sur trois à cinq ans de la température à la surface de la Terre pour la période de température de pointe, par secteur de recensement (SR) ou aire de diffusion (AD)	Base	- Régulation du climat local - Approvisionnement en biomasse locale
			- Moyenne sur trois à cinq ans de l'écart de température à la surface de la Terre (jour et nuit) entre la zone urbaine et les régions avoisinantes pour la période de température de pointe - Moyenne sur trois à cinq ans de l'écart de température à la surface de la Terre (jour et nuit) entre un SR ou une AD et l'ensemble de la zone urbaine pour la période de température de pointe - Événements de chaleur extrême (p. ex. le nombre de jours où la température dépasse un seuil)	Base	Régulation du climat local
	État chimique	Qualité de l'air ambiant (section 4.4)	- Concentration annuelle moyenne de particules fines (PM_{2,5}) et d'autres polluants (comme le dioxyde d'azote et l'ozone) dans l'air extérieur - Nombre de jours par année où la concentration de PM_{2,5} et d'autres polluants dans l'air extérieur dépasse les normes quotidiennes	Base	- Filtration de l'air - Loisirs et éducation
		Qualité de l'eau (section 4.5)	Concentration de <i>E. coli</i> dans les plans d'eau	Base	- Loisirs et éducation - Agrément visuel
			- Paramètres de qualité de l'eau (oxygène dissous, phosphore et azote) - Mesure de substitution: Ratio des polluants émis par les établissements en amont sur la distance entre les établissements et la zone urbaine - Mesure de substitution: Risque de contamination de l'eau (classe de risque)	Élargie	- Loisirs et éducation - Approvisionnement en eau

Tableau 2

Caractéristiques de la condition des écosystèmes et mesures proposées selon la typologie de la condition des écosystèmes, et lien avec les services écosystémiques sélectionnés

Groupe	Classe	Caractéristiques de condition	Mesures proposées	Unité de comptabilité	Lien avec les services sélectionnés (voir la section 5)
Caractéristiques biotiques de l'écosystème	État de la composition	Type de végétation (section 4.6.1)	• Couverture végétale, par type de végétation (terres cultivées, terres arborées et tout autre type de végétation)	Base	• Filtration de l'air • Régulation du climat local • Loisirs et éducation • Agrément visuel
				Élargie	• Approvisionnement en eau • Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau
		Biodiversité des oiseaux (section 4.7.1)	• Richesse ou diversité d'oiseaux, ou présence d'espèces clés	Base	• Loisirs et éducation • Agrément visuel
	État structurel	Couverture végétale et couverture de la canopée (section 4.6.2)	• Couverture végétale, par SR ou AD • Proportion de la couverture de canopée dans la zone urbaine totale	Base	• Filtration de l'air • Régulation du climat local • Loisirs et éducation • Agrément visuel
				Élargie	• Approvisionnement en eau • Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau
		Densité de végétation (section 4.6.3)	• Indice de surface foliaire	Base	• Filtration de l'air • Régulation du climat local
	État fonctionnel			Élargie	• Approvisionnement en eau • Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau
		Santé de la végétation (section 4.6.4)	• Fraction de rayonnement photosynthétiquement actif absorbé	Base	• Filtration de l'air • Régulation du climat local • Loisirs et éducation • Agrément visuel
				Élargie	• Approvisionnement en eau • Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau
		Abondance de pollinisateurs (section 4.7.2)	• Abondance de pollinisateurs (y compris les espèces indigènes)	Base	• Approvisionnement en biomasse locale
Caractéristiques au niveau de l'écosystème	Paysages terrestres et marins	Configuration des zones de végétation (section 4.6.5)	• Superficie moyenne des zones de végétation • Mesures de la forme des zones de végétation ou mesure de leur connectivité – À déterminer	Base	• Filtration de l'air • Régulation du climat local
				Élargie	• Approvisionnement en eau • Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau

Source : Statistique Canada, Division des comptes et de la statistique de l'environnement.

4.1 Surfaces imperméables

Les écosystèmes urbains ont une forte proportion de surfaces imperméables, qui correspondent principalement à des composantes artificielles en asphalte, en béton ou autre matériau, comme des routes, des trottoirs, des stationnements et des toitures, qui nuisent à l'infiltration d'eau.

Les surfaces imperméables causent le détournement et l'accumulation de l'eau, et réduisent l'infiltration de l'eau de pluie, ce qui augmente le ruissellement et la fréquence des inondations dans les zones urbaines (Shuster et al., 2005). Une réduction de l'infiltration de l'eau entraîne aussi une baisse d'alimentation des eaux souterraines, diminue la nappe phréatique et réduit les débits de base et la disponibilité de l'eau. De plus, l'eau de ruissellement transporte des substances polluantes et des pathogènes et dégrade la qualité de l'eau (Delpla et al., 2009).

Le sol perméable retient l'humidité qui réduit l'accumulation de chaleur, alors que les surfaces imperméables sont un facteur clé de l'effet d'îlot de chaleur urbain (Deilami et al., 2018). Ces surfaces influent à la fois sur les services de régulation du climat local et sur les services liés à l'eau (tableau 2).

Compte tenu des effets des changements climatiques, notamment la hausse du niveau de la mer, la fonte rapide de la neige au printemps et les événements météorologiques extrêmes comme les tempêtes et les vagues de chaleur, les défis associés aux surfaces imperméables s'accroîtront à l'avenir. Les risques connexes, comme les inondations, la contamination de l'eau et les événements de chaleur extrême en milieu urbain, ont des répercussions sur la santé humaine, sur la sécurité publique et sur la disponibilité de l'eau potable.

Les données dérivées de l'observation de la Terre peuvent être utilisées pour mesurer la proportion des surfaces imperméables dans la zone urbaine totale. Par contre, les surfaces imperméables peuvent être couvertes de végétation, comme un couvert d'arbre, ce qui complique la mesure de ces surfaces. Certains ensembles de données pourraient servir à mesurer les surfaces imperméables. Par exemple, l'ensemble de données « Bâtiments extraits automatiquement » de Ressources naturelles Canada (RNCAN), qui est alimenté par des données aériennes lidar (détection et télémétrie par la lumière) et par des images optiques haute résolution, représente les empreintes des bâtiments et pourrait servir à l'élaboration d'une mesure partielle (RNCAN, 2023a). Au moyen de données sources de types semblables, RNCAN applique des outils d'intelligence artificielle pour produire une nouvelle série de données extraites automatiquement appelée GéolA, qui comprend les routes et les bâtiments, entre autres éléments topographiques. D'autres données continuent d'être ajoutées à la série GéolA, qui couvre de plus en plus de zones chaque année (GEO.ca, 2025).

L'imperméabilité a été estimée à l'aide des données satellitaires haute résolution de Sentinel (GeoVille, 2018; Statistisches Bundesamt [Destatis], 2023; Sun et al., 2023). Des recherches plus poussées seront requises pour en arriver à des estimations semblables pour les grandes zones urbaines au Canada.

Mesure proposée

- Proportion des surfaces imperméables dans la zone urbaine totale (pourcentage)

4.2 Eau de surface

L'eau de surface en milieu urbain correspond aux espaces bleus urbains. La présence d'eau de surface influe sur la fourniture des services de régulation du climat local. Elle peut aussi ajouter une valeur esthétique et procurer du plaisir et, de fait, est un facteur déterminant de la fourniture des services d'agrément visuel et des services de loisirs et d'éducation (tableau 2). Le type de plan d'eau (p. ex. un lac, une rivière, un canal ou un océan) influence également les services écosystémiques.

Il n'y a pas d'ensembles de données adéquats pour suivre les changements annuels et saisonniers relatifs à l'eau dans l'ensemble des grandes zones urbaines du Canada. En l'absence de telles données, la série CanVec, soit un ensemble de données topographiques qui inclut les entités hydrographiques du Canada (RNCAN, 2023b), fournit des renseignements de base à l'égard de l'eau de surface qui se trouve dans les zones urbaines et dans les régions avoisinantes. CanVec classe les plans d'eau et les cours d'eau en 14 catégories, y compris les entités artificielles et anthropiques. Ces données seront utilisées pour calculer une estimation provisoire de la proportion d'eau de surface dans la zone urbaine totale, ainsi que pour calculer la longueur de la côte.

Bon nombre de rivières et de cours d'eau sont considérés comme étant des entités linéaires dans CanVec. Des travaux antérieurs ont appliqué une zone tampon de 5 mètres pour calculer une estimation provisoire de l'étendue de la surface (Statistique Canada, 2022c). À l'avenir, la série GéolA de RNCAN pourrait être utilisée pour mesurer la présence d'eau de surface (GEO.ca, 2025).

Mesures proposées

- Proportion de l'eau de surface dans la zone urbaine totale, par type de plan d'eau (pourcentage)
- Longueur de la côte en bordure de la zone urbaine, par type de plan d'eau (mètres)

4.3 Température et autres conditions climatiques

La température et d'autres conditions climatiques des écosystèmes urbains sont en évolution. La température urbaine est un facteur déterminant des services de régulation du climat local et de l'approvisionnement en biomasse. À l'échelle des bassins versants, la température influence les services écosystémiques liés à l'eau (tableau 2).

La température annuelle moyenne au Canada a augmenté de 2,0 °C de 1948 à 2023 (Environnement et Changement climatique Canada [ECCC], 2024a). Les vagues de chaleur, considérées comme étant des événements de chaleur extrême, sont de plus en plus longues et sévères. En milieu urbain, les répercussions de ces vagues de chaleur sont amplifiées par l'effet d'îlot de chaleur urbain, qui entraîne des températures plus élevées dans les zones urbaines que dans les régions rurales avoisinantes.

L'effet d'îlot de chaleur urbain dépend de la configuration des bâtiments et des routes et de leurs propriétés d'absorption de la chaleur, ainsi que de l'absence ou de la présence de végétation ou d'eau et de la chaleur générée par les activités humaines (Gunawardena et al., 2017; Susca et al., 2011). Par conséquent, l'effet d'îlot de chaleur urbain varie d'un quartier à l'autre (Buyantuyev et Wu, 2010).

Des températures plus élevées peuvent avoir diverses répercussions sur la santé et le bien-être des humains, y compris de l'inconfort général, des difficultés à respirer et des coups de chaleur (Kovats et Hajat, 2008). En moyenne, dans l'ensemble des 12 villes canadiennes les plus peuplées, les événements de chaleur extrême⁷ de 2000 à 2020 ont entraîné environ 670 surmortalités non accidentelles, 115 surmortalités dont la cause est d'origine cardiovasculaire et 115 surmortalités dont la cause est d'origine respiratoire (Quick, 2024). Les personnes âgées, les jeunes enfants, les personnes atteintes de maladies chroniques et les personnes issues des groupes à faible revenu sont plus vulnérables aux répercussions des événements de chaleur extrême.

De plus, la qualité de l'air dans les villes peut empirer en raison du temps chaud et sec, ce qui contribue à la hausse des taux d'ozone (O₃) et de la poussière. Les feux de forêt sont plus susceptibles de se propager dans de telles conditions, ce qui entraîne des effets causés par la fumée et les particules fines (Jain et al., 2024). Les infrastructures de transport peuvent être endommagées par les chaleurs estivales extrêmes, comme la dégradation des routes en raison de l'asphalte ramolli (Lemmen et al., 2008).

En moyenne, les précipitations annuelles ont augmenté au Canada, surtout dans le nord du pays (Zhang et al., 2019). La transition de la neige à la pluie au printemps et la hausse du nombre de jours de fortes pluies dans certaines régions, combinés à l'expansion des zones urbaines et des surfaces imperméables connexes, accroissent les risques d'inondation (Vincent et al., 2018).

La hausse des températures et la transition de la neige à la pluie ont des effets négatifs sur les sports d'hiver, comme le patinage sur glace et le ski, et d'autres loisirs d'hiver (Dickau et al., 2020; Hernandez, 2020). En Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan, les précipitations en hiver ont diminué de 1948 à 2012 (Zhang et al., 2019).

Diverses sources de données et méthodes peuvent être utilisées pour calculer des mesures de température et de précipitations. Le Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre a produit des données mensuelles et quotidiennes sur la température de l'air, les précipitations et l'équivalent en eau de la neige de 1950 à 2023, ainsi que des données horaires sur la température de l'air pour certaines années, à l'aide du modèle Ecological Assimilation of Land and Climate Observations (RNCAN, 2024a). Étant donné que cet ensemble de données utilise une grille de résolution de 5 km ou de 10 km, selon la variable, une méthode doit être élaborée pour transposer les données au niveau des grandes zones urbaines.

La température à la surface terrestre peut être estimée à une échelle spatiale plus fine au moyen de données dérivées de l'observation de la Terre, comme les données thermiques envoyées par les satellites Landsat à une résolution de 100 mètres. Pour réduire les effets des incohérences qui résultent de la couverture nuageuse ou du moment où la température est captée par le satellite, une moyenne sur trois à cinq ans peut être calculée. La

7. Les critères d'avertissement de chaleur d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) ont été utilisés pour définir les événements de chaleur extrême (pour en savoir plus, consulter ECCC, 2024b).

température de l'air peut aussi être modélisée à l'aide de la température à la surface établie par les données dérivées de l'observation de la Terre et des données de la température de l'air fournies par les stations météorologiques (Heris et al., 2021). Les données des stations météorologiques sont disponibles dans l'ensemble des Données climatiques historiques (gouvernement du Canada, s. d.).

Mesures proposées

- Moyenne de la température de l'air quotidienne maximale (jour) et minimale (nuit) en juillet et en août (degrés Celsius)
- Moyenne sur trois à cinq ans de la température à la surface de la Terre pour la période de température de pointe, par [secteur de recensement \(SR\)](#) ou [aire de diffusion \(AD\)](#) (degrés Celsius)
- Moyenne sur trois à cinq ans de l'écart de température à la surface de la Terre (jour et nuit) entre la zone urbaine et les régions avoisinantes pour la période de température de pointe (degrés Celsius)
- Moyenne sur trois à cinq ans de l'écart de température à la surface de la Terre (jour et nuit) entre un SR ou une AD et l'ensemble de la zone urbaine pour la période de température de pointe (degrés Celsius)
- Événements de chaleur extrême (p. ex. le nombre de jours où la température dépasse un seuil)
- Mesure auxiliaire : Précipitations totales, sous forme de pluie ou de neige, par saison (millimètres par année)
- Mesure auxiliaire : Nombre de jours où la quantité de pluie dépasse un seuil (p. ex. le 99^e centile calculé sur l'ensemble des jours de pluie) (p. ex. Yang et al., 2024)

4.4 Qualité de l'air ambiant

La pollution de l'air nuit à la qualité de l'air ambiant dans les villes, ce qui mène à des décès prématurés et à d'autres répercussions graves sur la santé, comme l'asthme et les symptômes respiratoires aigus. Santé Canada (2021a) estime que la pollution atmosphérique par les particules de diamètre égal ou inférieur à 2,5 microns ($PM_{2,5}$), l'ozone troposphérique et le dioxyde d'azote (NO_2) contribuent à environ 15 300 décès prématurés au Canada, en plus d'avoir des effets non mortels. Le coût économique total lié à la pollution atmosphérique s'est élevé à 120 milliards de dollars en 2016.

La qualité de l'air varie d'une ville ou d'un quartier à l'autre, car les sources d'émissions atmosphériques ne sont pas réparties de façon uniforme, et les polluants atmosphériques sont influencés par les conditions climatiques locales, telles que la vitesse et la direction du vent, la température et les précipitations (Conseil canadien des ministres de l'environnement, s. d.).

Les sources d'émissions extérieures attribuables aux humains incluent les véhicules motorisés, les centrales électriques, les poêles à bois et les installations industrielles. Les feux de forêt peuvent aussi être une source importante d'émissions de polluants atmosphériques (Cascio, 2018; ECCC, 2024c; Jaffe et al., 2020). Même les arbres, lesquels sont des émetteurs de pollen et de composés organiques volatils (COV), peuvent accroître les concentrations de $PM_{2,5}$, d'ozone (O_3) et de monoxyde de carbone (CO) au niveau du sol lorsqu'il fait soleil (Harris et al., 2019; Jim et Chen, 2008; Nowak et al., 2018). Certaines espèces émettent plus de pollen ou de COV que d'autres (Curtis et al., 2014; Sousa-Silva et al., 2021), mais, dans l'ensemble, les arbres retirent plus de COV de l'atmosphère qu'ils en émettent (Zupancic et al., 2015).

Les Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant (NCQAA)⁸ couvrent les $PM_{2,5}$, l' O_3 , le NO_2 et le dioxyde de soufre (SO_2). De 2006 à 2020, on a observé une baisse à l'échelle nationale des concentrations annuelles moyennes et de pointe de NO_2 et de SO_2 dans l'air ambiant (ECCC, 2024c). La concentration annuelle moyenne de COV a également diminué de 2006 à 2019. De plus, bien que la concentration annuelle moyenne d' O_3 soit demeurée stable de 2006 à 2020, sa concentration de pointe moyenne a diminué. Enfin, la concentration annuelle moyenne et la concentration de pointe de $PM_{2,5}$ ont connu des fluctuations de 2006 à 2020, les plus fortes concentrations ayant été enregistrées en 2018 en raison d'épisodes de feux de forêt.

8. Les NCQAA ont été élaborées par le Conseil canadien des ministres de l'environnement en tant que cibles de qualité de l'air pour guider la gestion de la qualité de l'air au Canada, en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. Voir Conseil canadien des ministres de l'environnement (s. d.).

Bien que la concentration de certains polluants atmosphériques a diminué à l'échelle nationale au cours des dernières années, les $PM_{2,5}$ n'ont pas suivi la même tendance (Santé Canada, 2021a). Les $PM_{2,5}$ pénètrent profondément dans les poumons (Santé Canada, 2019) et peuvent avoir des effets immédiats sur la santé. Elles peuvent aussi entraîner des répercussions à plus long terme, car elles aggravent les troubles respiratoires et cardiaques et peuvent mener à des crises cardiaques ou au cancer du poumon (Cakmak et al., 2018). L'exposition prolongée aux particules ultrafines (de diamètre égal ou inférieur à 100 nanomètres), un sous-ensemble des $PM_{2,5}$, a été récemment associée à un risque accru de mortalité dans les villes canadiennes (Lloyd et al., 2023). Les groupes de population les plus à risque sont les enfants asthmatiques, les adultes plus âgés et les personnes ayant des troubles respiratoires ou cardiaques (Santé Canada, 2021b).

S'appuyant sur les données du Programme du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique, ECCC publie les concentrations annuelles moyennes et de pointe⁹ des $PM_{2,5}$ pour 25 **centres de population** (capitales provinciales et territoriales, et les plus grands centres de population) (ECCC, s. d.-a). Par exemple, les plus fortes concentrations moyennes de $PM_{2,5}$ en 2020 ont été observées dans les villes suivantes : Québec (Québec) (8,4 microgrammes par mètre cube); Windsor (Ontario) (7,9 microgrammes par mètre cube); Victoria (Colombie-Britannique) (7,7 microgrammes par mètre cube); et Kelowna (Colombie-Britannique) (7,6 microgrammes par mètre cube). Ces valeurs pourraient être utilisées à titre de données de substitution pour représenter la concentration annuelle moyenne des $PM_{2,5}$ dans certaines des grandes zones urbaines.

Les mesures de concentration des $PM_{2,5}$ et des autres polluants sont disponibles à partir de diverses sources. Des recherches plus poussées seront requises afin d'élaborer une méthode d'estimation de la qualité de l'air dans les grandes zones urbaines, selon les mesures proposées, en utilisant les ensembles de données disponibles.

Mesures proposées

- Concentration annuelle moyenne de $PM_{2,5}$ et d'autres polluants (comme le NO_2 et l' O_3) dans l'air extérieur (microgrammes par mètre cube)
- Nombre de jours par année où la concentration de $PM_{2,5}$ et d'autres polluants dans l'air extérieur dépasse les normes quotidiennes (jours)
- Mesure auxiliaire : Émissions atmosphériques totales de $PM_{2,5}$ et d'autres polluants (tonnes par année)

4.5 Qualité de l'eau

Les zones urbaines dépendent de sources d'eau de surface et d'eau souterraine pour leur approvisionnement en eau potable (Trtanj et al., 2016). La qualité de l'eau, en particulier dans les bassins versants en amont des villes, a une incidence sur les exigences et les coûts du traitement de l'eau qui sont nécessaires pour satisfaire aux besoins en matière de santé publique (Boholm et Prutzer, 2017).

La qualité de l'eau a aussi des répercussions sur les activités aquatiques récréatives. Par exemple, des plages peuvent être fermées en raison d'une contamination bactérienne ou de la croissance d'algues bleu-vert. La présence de la bactérie *E. coli* et d'entérocoques dans les eaux utilisées à des fins récréatives indique une contamination fécale pouvant causer des maladies gastro-intestinales, des infections cutanées et d'autres problèmes de santé chez les baigneurs.

Des ressources abondantes en eau propre sont nécessaires pour les espèces végétales et animales. Une mauvaise qualité de l'eau peut perturber les habitats et réduire le nombre d'espèces de poissons qui vivent dans un écosystème (Doi et al., 2013). L'appauvrissement de la richesse d'espèces de poissons peut entraîner le déclin des populations de poissons, réduisant ainsi les occasions d'activités comme la pêche (Dudgeon et al., 2006).

Les plans d'eau deviennent pollués par diverses substances, y compris les microorganismes pathogènes, les engrais, les produits chimiques toxiques, les microplastiques et les sédiments. Les activités humaines dans les zones urbaines et les bassins versants en amont nuisent à la qualité de l'eau par le déversement direct de déchets ou l'émission diffuse de polluants (Trtanj et al., 2016).

9. « Les indicateurs urbains [...] (moyenne et concentration de pointe [98^e centile] sur 24 heures) pour les $PM_{2,5}$ sont calculés en faisant la moyenne, à l'échelle de la station, des valeurs moyennes annuelles et des valeurs maximales annuelles dans toutes les stations qui ont satisfait aux critères d'exhaustivité dans la région urbaine [...] » (ECCC, 2024c, Sources des données et méthodes).

Selon l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP), le déversement de 48,379 tonnes d'ammoniac et de 107 kilogrammes de mercure dans les plans d'eau en 2023 a été déclaré, surtout en provenance de déchets et de systèmes d'eaux usées (ECCC, 2024d). Selon les rapports, l'Ontario (56 kilogrammes) et le Québec (27 kilogrammes) ont enregistré les plus hauts niveaux de mercure rejetés. Les contaminants comme le mercure entrent dans la chaîne alimentaire, ce qui a des répercussions sur la santé des humains qui consomment du poisson.

Dans les zones urbaines, l'eau de ruissellement provenant des espaces bâtis et le débordement des réseaux d'égout unitaire pendant les fortes pluies polluent l'eau et nuisent à la vie aquatique (Müller et al., 2020). Par exemple, il a été démontré que les contaminants provenant des pneus sont liés à la mortalité des saumons cohos adultes dans les cours d'eau du nord-ouest du Pacifique (Tian et al., 2021). Dans les bassins versants en amont, l'épandage d'engrais contenant de l'azote et du phosphore peut causer de la pollution dans l'eau.

La neige et la pluie influent aussi sur la qualité de l'eau en transportant dans les rivières et les lacs les polluants qui s'accumulent à la surface des routes et des champs. En période de sécheresse, il y a moins d'eau pour diluer la pollution issue, notamment, des décharges d'eaux usées urbaines. Les changements climatiques, qui prolongent les épisodes de précipitations ou de sécheresse ou qui les rendent plus fréquentes, auront une incidence variable sur la qualité de l'eau selon les conditions locales (ECCC, 2025).

ECCC gère divers ensembles de données qui peuvent être utilisés pour mesurer les paramètres de qualité de l'eau. Le programme Données nationales de monitoring de la qualité de l'eau à long terme (ECCC, 2022) fournit des données à long terme provenant de sites d'échantillonnage partout au Canada. Ces données couvrent des paramètres tels que le pH, l'alcalinité, l'oxygène dissous et les métaux, ainsi que les nutriments comme l'azote et le phosphore, quoique la couverture temporelle et la couverture spatiale varient. Des paramètres de qualité de l'eau, y compris la température de l'eau, sont également mesurés toutes les heures à 23 stations partout au Canada, grâce au programme Données du réseau automatisé du monitoring et de la surveillance de la qualité de l'eau douce (ECCC, 2024e). Les données déclarées en vertu du Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées incluent l'emplacement des points de rejet, les matières en suspension, la demande biochimique en oxygène de la partie carbonée et les volumes de l'effluent rejeté (ECCC, s. d.-b). D'autres recherches seront requises pour intégrer ces ensembles de données en vue d'élaborer une mesure uniforme des paramètres de qualité de l'eau pour les grandes zones urbaines et les bassins versants en amont.

Comme mesure de substitution de la qualité de l'eau dans les grandes zones urbaines, le ratio des polluants émis par les établissements dans les bassins versants en amont, sur la distance entre ces établissements et les limites de la zone urbaine, pourrait être calculé chaque année à l'aide de l'INRP d'ECCC. Ces mesures de substitution pourraient être définies pour des polluants tels que les micropolluants minéraux (arsenic, plomb, cuivre et mercure) ou pour les nutriments comme l'ammoniac, selon les données disponibles chaque année.

Les indicateurs de risque de contamination de l'eau par l'azote et le phosphore pour les zones agricoles, qui se trouvent dans les Pêdo-paysages du Canada conçus par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), pourraient être utilisés comme mesures de substitution pour rendre compte de la qualité de l'eau. D'autres recherches sont requises pour peaufiner ces indicateurs afin qu'ils puissent être adaptés au niveau géographique de la zone de comptabilité élargie.

L'Enquête sur la santé et l'hygiène du milieu de Santé Canada dresse les lignes directrices et les recommandations pour l'évaluation des indicateurs de contamination fécale (p. ex. *E. coli*) dans les sites récréatifs avant le début de la saison de baignade ainsi que chaque semaine pendant cette saison (Santé Canada, 2022b). Les résultats de cette enquête qui sont accessibles au public (sites Web des municipalités, affiches et sources médiatiques) pourraient être utilisés pour compiler des données sur la concentration de *E. coli* dans les plans d'eau récréatifs qui se trouvent dans les grandes zones urbaines ou qui y sont adjacents.

Mesures proposées

- Concentration de *E. coli* dans les plans d'eau (unités formant colonies par 100 millilitres)
- Paramètres de qualité de l'eau (oxygène dissous, phosphore et azote) (milligrammes par litre ou parties par million)
- Mesure de substitution : Ratio des polluants émis par les établissements en amont sur la distance entre les établissements et la zone urbaine (kilogrammes par kilomètre)
- Mesure de substitution : Risque de contamination de l'eau (classe de risque)

4.6 Végétation et espaces verts

La végétation est partout dans les écosystèmes urbains, depuis les arbres de rue et les mauvaises herbes le long des rues jusqu'aux potagers et aux parcs. La présence de végétation est un aspect clé de la définition des espaces verts urbains et est lié à l'amélioration de la condition et des services de l'écosystème urbain. La végétation dans les villes est touchée par les décisions sur l'utilisation des terres, mais aussi par les épidémies ravageuses, les espèces envahissantes, la pollution atmosphérique et les événements climatiques, comme les sécheresses et les tempêtes de verglas.

Le type, la couverture, la densité et la santé de la végétation, ainsi que la configuration des zones végétalisées, sont tous des caractéristiques biotiques importantes. La végétation aide à contrer les effets négatifs des surfaces imperméables, elle améliore la qualité de l'air urbain, et elle accroît la valeur récréative et d'agrément du milieu (Bjerke et al., 2006; Ferrini et al., 2020). La végétation est aussi un attribut important des habitats fauniques, et il a été démontré que la structure de la végétation influençait la biodiversité des oiseaux (Werner, 2011).

Malgré l'intérêt démontré à l'égard d'une mesure uniforme des espaces verts dans les grandes zones urbaines au Canada, l'élaboration d'une cartographie précise des espaces verts dans les villes peut s'avérer difficile. Plus particulièrement, il est difficile de délimiter les caractéristiques petites ou linéaires, comme les arbres de rue ou les zones riveraines, à l'aide des images d'observation de la Terre, car leur détection nécessite des images à plus haute résolution qui ne sont pas facilement accessibles pour un vaste pays comme le Canada.

Un ensemble de données pancanadien englobant les renseignements sur l'emplacement et la délimitation des parcs publics et des installations récréatives est en cours d'élaboration par l'Université Western (ParkSeek, s. d.). Cet ensemble de données s'appuie sur des données existantes fournies par les gouvernements municipaux et provinciaux, ainsi que sur de nouvelles données, et pourrait alimenter la mesure de l'indicateur 12.1 (CMBKM) et de l'indicateur 11.7.1 (ODD de l'ONU) lorsqu'il sera disponible.

Entre-temps, une autre approche consisterait à utiliser des mesures de substitution des espaces verts urbains s'appuyant sur des paramètres de végétation dérivés de l'imagerie satellitaire. Avec le temps, d'autres ensembles de données sur l'utilisation des terres pourront être utilisés pour délimiter les espaces verts. Par exemple, Ju et al. (2022) ont utilisé des données satellitaires à haute résolution de Sentinel, en combinaison avec les données sur l'utilisation des terres tirées de OpenStreetMap, afin de cartographier les espaces verts urbains dans 371 villes d'Amérique latine.

Les paramètres de végétation, comme la fraction de la couverture végétale (FCV), l'indice de surface foliaire (ISF) et la fraction de rayonnement photosynthétiquement actif absorbé (FRPAA), mesurent les caractéristiques biophysiques structurelles et fonctionnelles de la végétation (voir les sections 4.6.2, 4.6.3 et 4.6.4). Ces données peuvent être produites pour les zones de comptabilité de base et élargies à l'aide de la boîte à outils LEAF (Landscape Evolution and Forecasting [Évolution et prévisions du paysage]) de RNCAN, une application hébergée dans Google Earth Engine qui génère des cartes de végétation à partir d'images satellitaires (Fernandes, 2020). Cet outil repose sur les données captées de mai à septembre chaque année. Ces données peuvent être regroupées selon des périodes personnalisées, comme celle correspondant aux conditions estivales de pointe.

Il peut être difficile d'interpréter les paramètres de végétation en milieu urbain, car la résolution d'un pixel d'image satellitaire peut être supérieure à la surface occupée par une certaine couverture terrestre. Les valeurs de pixel peuvent être influencées par divers facteurs, y compris le type de végétation, les espèces de plantes, ainsi que le stade de croissance et l'état de santé de la plante. La présence d'eau, d'ombre et de matériaux artificiels, et les facteurs climatiques, peuvent aussi compliquer l'interprétation des données.

4.6.1 Type de végétation

Le type de végétation dans une région (conifères ou arbres à feuilles caduques, arbustes, herbes ou gazon, plantes cultivées et végétation des terres humides) influe sur la fourniture de divers services écosystémiques (tableau 2).

Les classes d'utilisation des terres et de couverture terrestre fondées sur les données dérivées de l'observation de la Terre peuvent servir de point de départ pour déterminer les types de végétation qui poussent dans les zones urbaines. Des données tirées des séries chronologiques d'utilisation des terres semi-décennales d'AAC (AAC, 2023a) et de l'Inventaire annuel des cultures (AAC, 2023b) pourraient compléter les données provenant du Registre de la couverture terrestre produit par Statistique Canada (Statistique Canada, 2025a) pour aider à désagréger les zones végétalisées en trois classes de végétation dans les zones de comptabilité de base et élargies : terre cultivée; terre arborée et terre humide arborée; et tout autre type de végétation, y compris l'herbe.

Toutefois, l'hétérogénéité « à petite échelle » qui est typique des paysages urbains donne lieu à des pixels mixtes dans les images découlant de l'observation de la Terre, ce qui peut mener à des classifications erronées (p. ex. entre les terres cultivées et les zones habitées). Des recherches plus poussées et des essais seront nécessaires pour déterminer si les données susmentionnées ou d'autres sources de données sont adéquates aux fins de cette utilisation, et pour définir des types de végétation plus détaillés.

Mesure proposée

- Couverture végétale, par type de végétation (terres cultivées, terres arborées et tout autre type de végétation) (hectares ou pourcentage de la zone urbaine totale)

4.6.2 Couverture végétale et couverture de la canopée

La couverture végétale englobe tous les espaces où la végétation, y compris les arbres, les arbustes et l'herbe, recouvre la surface de la Terre. La couverture de la canopée, une caractéristique apparentée, est la surface au sol recouverte par la canopée des arbres. Elle représente l'étendue à deux dimensions de la canopée des arbres vue des airs. La couverture végétale, et plus particulièrement la couverture de la canopée, peut s'étendre au-dessus des plans d'eau, du sol nu et des surfaces imperméables comme les trottoirs et les bâtiments.

La couverture végétale contre les effets des surfaces imperméables : elle atténue l'effet d'îlot de chaleur urbain, aide l'eau de pluie à s'infiltrer dans le sol et réduit le ruissellement. Les arbres, plus particulièrement, réduisent la quantité de rayons solaires qui atteignent le sol et interceptent les précipitations pendant les tempêtes.

La superficie de couverture végétale est mesurée à l'aide du paramètre FCV, qui correspond à la fraction du sol couverte par toute végétation verte (Fernandes et al., 2023). À une résolution de 10 mètres ou de 20 mètres, les données de la FCV peuvent être agrégées par [SR](#) ou [AD](#) dans les grandes zones urbaines pour permettre de mesurer les inégalités environnementales (section 6).

Les sources de données idéales pour mesurer la couverture de la canopée sont les images aériennes à haute résolution ou les ensembles de données lidar. Dans le cas du lidar, un laser pulsé émis par un scanneur installé sur un avion, mesure la hauteur des objets sur la Terre à une précision de 5 à 10 centimètres (RNCAN, 2024b). Par exemple, la canopée pour toute la végétation d'une hauteur supérieure à 2 mètres a été cartographiée pour les [régions métropolitaines de recensement \(RMR\)](#) au Québec à l'aide des données lidar (résolution de 1 mètre) acquises de 2010 à 2020 (INSPQ, s. d.).

Le produit Nuages de points lidar intègre les ensembles de données lidar acquises par RNCAN (RNCAN, 2024c). Le territoire couvert par ce produit s'élargit graduellement à mesure que les ensembles de données issus d'autres projets lidar sont intégrés. Pour 19 des 30 grandes zones habitées contiguës (ZHC) qui forment la zone de comptabilité de base, le produit Nuages de points lidar couvre plus de 75 % du territoire et inclut des données de 2014 à 2023. Des ensembles de données additionnels provenant des gouvernements municipaux, provinciaux et territoriaux pourraient être disponibles en vue d'améliorer la couverture.

ECCC a eu recours à une approche d'échantillonnage par point, accompagnée d'une interprétation de photographies, pour estimer la couverture de la canopée en 2011 dans les [centres de population](#), par région géographique dérivée des écozones (Steenberg et al., 2023; Pasher et al., 2014). De plus, le projet GéolA de RNCAN élabore de nouvelles méthodes qui pourraient mener à des estimations de la couverture de la canopée dans les grandes zones urbaines (GEO.ca, 2025).

Mesures proposées

- Couverture végétale, par SR ou AD (hectares ou pourcentage de la zone urbaine totale)
- Proportion de la couverture de canopée dans la zone urbaine totale (pourcentage)

4.6.3 Densité de végétation

La densité de végétation peut être conçue comme étant l'épaisseur de la végétation, ou le contenu du feuillage, mesurée à partir du niveau du sol. Avec les couvertures végétale et de la canopée, la densité de végétation décrit l'état structurel des écosystèmes urbains (tableau 2), mais elle est aussi étroitement liée aux caractéristiques fonctionnelles de la végétation.

L'ISF est un paramètre de la végétation qui représente la densité et la condition de la végétation. Il est utilisé à titre de variable clé dans diverses études (Asner et al., 2003). L'ISF mesure la surface projetée des feuilles ou la superficie de leur face tournée vers le haut, c.-à-d. la moitié de la surface totale des feuilles (faces tournées vers le haut et vers le bas), en mètres carrés du feuillage par mètre carré de sol (Fernandes et al., 2023).

Mesure proposée

- ISF

4.6.4 Santé de la végétation

La santé de la végétation reflète la productivité des plantes et leur activité photosynthétique. Il s'agit d'une caractéristique importante de l'état fonctionnel des écosystèmes urbains. La santé de la végétation influe sur la fourniture des services écosystémiques tels que la régulation du climat local et la régulation du débit d'eau, lesquels reposent sur des processus biologiques comme la transpiration des plantes. Elle contribue aussi à la valeur esthétique des espaces verts urbains.

Les images de l'Indice de végétation par différence normalisée (IVDN), obtenues à l'aide du spectroradiomètre imageur à résolution moyenne (MODIS), ont été utilisées pour surveiller la condition de la végétation urbaine dans tous les [CTRPOP](#) au Canada (Statistique Canada, 2024a). Dans l'ensemble des grands CTRPOP urbains, l'indice de verdure moyen¹⁰ a diminué de 10,4 points de pourcentage entre la période de référence (2000 à 2004) et la plus récente période de cinq ans étudiée (2020 à 2024), pour s'établir à 68,2 % (Statistique Canada, s. d.-b). Cette tendance peut s'expliquer par l'expansion urbaine et par la densification à l'intérieur des limites des CTRPOP. En raison de la mise hors service prévue du programme MODIS, de nouvelles sources de données et techniques améliorées sont envisagées pour mesurer la santé de la végétation urbaine.

La FRPAA servira à mesurer la santé de la végétation. Ce paramètre de végétation correspond à la partie du rayonnement photosynthétiquement actif qui est absorbée par les plantes, l'autre partie étant réfléchi dans l'atmosphère (Fernandes et al., 2023). La végétation qui est stressée en raison, par exemple, d'une exposition à des ravageurs, aurait une plus faible activité photosynthétique et, par conséquent, une plus faible FRPAA.

Mesure proposée

- FRPAA (pourcentage)

10. L'indice de verdure moyen correspond au pourcentage du territoire ayant un IVDN de 0,5 ou plus (pour obtenir plus de détails, voir Statistique Canada, s. d.-b).

4.6.5 Configuration des zones de végétation

La configuration des zones de végétation est une caractéristique du paysage qui englobe la taille, la forme et la connectivité des parcelles de végétation. La configuration de ces parcelles influe sur les processus sur lesquels reposent les services de régulation. Il existe diverses mesures pour évaluer la forme ou la connectivité des zones de végétation. L'indice de forme, qui mesure la complexité d'une forme par rapport à un cercle, et la somme de la superficie de l'espace vert urbain qui se trouve à l'intérieur d'une zone tampon de 50 mètres autour de chaque parcelle en sont des exemples (Chen et al., 2014).

Mesures proposées

- Superficie moyenne des zones de végétation (mètres carrés)
- Mesures de la forme des zones de végétation ou mesure de leur connectivité – À déterminer

4.7 Biodiversité

Les humains exercent une influence considérable sur les types et l'abondance des espèces qui se trouvent dans les zones urbaines (Kowarik, 2011; Schwarz et al., 2017; Spotswood et al., 2021). Par exemple, les pratiques d'entretien et les choix liés aux types d'herbes et de plantes qui poussent dans les parcs et les cours, ainsi que l'élimination des mauvaises herbes, ont des effets directs et indirects sur la diversité des plantes dans les zones urbaines et sur les espèces qui interagissent avec cette végétation (p. ex. les pollinisateurs, les microorganismes et les herbivores) (Avolio et al., 2021).

Bien que certaines espèces évitent les zones urbaines, de nombreuses autres utilisent et occupent divers habitats urbains (Fischer et al., 2015). Diverses espèces présentes dans les zones urbaines sont des espèces indigènes qui tirent avantage de parcelles restantes d'habitat, alors que d'autres espèces (y compris celles non indigènes) connaissent un meilleur succès de reproduction ou de survie dans les zones urbaines (Spotswood et al., 2021). Certaines espèces d'oiseaux, par exemple, auraient de meilleurs taux de survie en milieu urbain qu'en milieu rural (Evans et al., 2015).

La corrélation entre la biodiversité et la fourniture de services écosystémiques dans les zones urbaines est sans doute différente de celle dans les zones non urbaines (Schwarz et al., 2017). Malgré une littérature scientifique de plus en plus abondante sur le sujet, il reste des lacunes importantes à combler pour comprendre le rôle que jouent les espèces urbaines dans la fourniture des services écosystémiques (Rega-Brodsky et al., 2022; Ziter, 2016).

Le présent cadre inclut des mesures de la biodiversité des oiseaux et de l'abondance des pollinisateurs en tant que caractéristiques pertinentes des écosystèmes urbains. D'autres recherches sont requises pour mesurer la biodiversité dans les zones urbaines à l'échelle nationale. Les mesures sélectionnées devraient refléter l'abondance et la richesse des espèces indigènes et non indigènes et des groupes fonctionnels qui appuient directement la fourniture des services écosystémiques.

Les données tirées des plateformes de science participative, comme eBird et iNaturalist, pourraient être des sources d'information utiles au sujet de la diversité des espèces. Ces bases de données permettent d'accéder à des données d'observation d'espèces sur de vastes étendues spatiales et temporelles (Mair et Ruete, 2016; Rega-Brodsky et al., 2022). Il est difficile d'atteindre ce niveau de couverture au moyen de relevés scientifiques traditionnels dans un pays aussi vaste que le Canada.

Toutefois, pour en arriver à des statistiques robustes, il faut aborder les limites inhérentes à ce type de données. Des erreurs, des métadonnées manquantes et des biais spatiaux ou découlant de préférences culturelles peuvent mener à la surreprésentation des espèces populaires et des zones plus accessibles, entraînant ainsi des estimations faussées des populations d'espèces (Fraisl et al., 2022; Johnston et al., 2023; Mair et Ruete, 2016). Pour que ces sources de données soient utilisées efficacement, il faudra mener d'autres recherches pour déterminer les façons d'aborder ou d'atténuer ces limites.

4.7.1 Biodiversité des oiseaux

De nombreux résidents urbains aiment observer, écouter ou nourrir les oiseaux (Perry et al., 2020). En 2023, 22 % des ménages canadiens dans l'ensemble des RMR ont effectué des achats pour nourrir, abriter ou observer les oiseaux (Statistique Canada, 2025b). La biodiversité des oiseaux joue donc un rôle dans les services de loisirs et d'éducation. Par contre, les espèces ne bénéficient pas toutes du même niveau d'appréciation, certaines présentant même un risque pour la santé et la sécurité des humains. Par exemple, les bernaches du Canada peuvent endommager la végétation, dégrader la qualité de l'eau et être agressifs envers les humains.

Puisque les oiseaux se trouvent souvent au sommet de la chaîne alimentaire, le suivi des populations d'oiseaux est une méthode efficace pour surveiller les changements dans la biodiversité (Fraixedas et al., 2020; Gregory, 2006). Dans l'ensemble, les espèces d'oiseaux généralistes sont plus abondantes en milieu urbain, comparativement aux espèces spécialistes qui dépendent de ressources et de conditions d'habitat spécifiques pour survivre (Zulian et al., 2022). Les zones urbaines qui se trouvent dans les zones tempérées ont tendance à profiter aux espèces d'oiseaux omnivores et granivores ainsi qu'aux oiseaux qui nichent dans des cavités (Lepczyk et al., 2017).

À l'échelle de la ville, l'étendue, la proportion et la connectivité des zones végétalisées et riveraines ont tendance à avoir une incidence positive sur la richesse, l'abondance et la densité des espèces d'oiseaux (Lepczyk et al., 2017; Zulian et al., 2022). Toutefois, ces mêmes mesures peuvent varier différemment entre les espaces verts et bleus d'une même ville, indiquant que ces mesures devraient être considérées simultanément pour mieux comprendre la diversité des oiseaux en milieu urbain (Thompson et al., 2022). Des recherches ont aussi démontré qu'il pourrait s'écouler plusieurs années avant que des changements à la couverture végétale se fassent ressentir dans les caractéristiques des populations d'oiseaux en milieu urbain (Dallimer et al., 2015).

Des données recueillies par le biais d'initiatives de science participative pourraient être utilisées pour mesurer l'abondance des oiseaux, la richesse des espèces ou d'autres mesures pertinentes relatives à la biodiversité, en autant qu'une évaluation plus poussée soit faite des limites de ces données et de leur adaptation à cette utilisation.

Mesure proposée

- Richesse ou diversité d'oiseaux, ou présence d'espèces clés

4.7.2 Abondance de pollinisateurs

Les pollinisateurs, comme les abeilles, les papillons, les oiseaux et les chauves-souris, fertilisent diverses plantes, y compris des espèces de plantes qui produisent des légumes et des fruits. Ils contribuent à l'approvisionnement en biomasse locale et aident à maintenir ou à accroître l'abondance et la diversité des autres espèces. Les pollinisateurs jouent un rôle écologique important, et leur abondance est considérée comme étant une caractéristique de l'état fonctionnel des écosystèmes urbains (United Nations et al., 2021).

L'urbanisation peut avoir des effets mitigés sur les pollinisateurs. En général, les zones urbaines ont de plus faibles niveaux de biodiversité en pollinisateurs que les zones naturelles. Par contre, les zones urbaines peuvent aussi servir de refuge pour les pollinisateurs lorsque les zones agricoles adjacentes sont exposées à de hauts taux d'utilisation de pesticides. La disponibilité de sites et de matériel pour la nidification, la présence de plantes à fleurs indigènes et non indigènes et la quantité d'espaces verts dans les zones urbaines créent des conditions plus favorables pour bon nombre d'espèces (Hall et al., 2016; Wenzel et al., 2020).

Les données recueillies par le biais d'initiatives de science participative pourraient être utilisées pour mesurer l'abondance des pollinisateurs, à condition qu'une évaluation plus poussée soit menée sur les données disponibles et sur leur adaptation aux fins d'une utilisation dans le contexte des zones urbaines.

Mesure proposée

- Abondance de pollinisateurs (y compris les espèces indigènes)

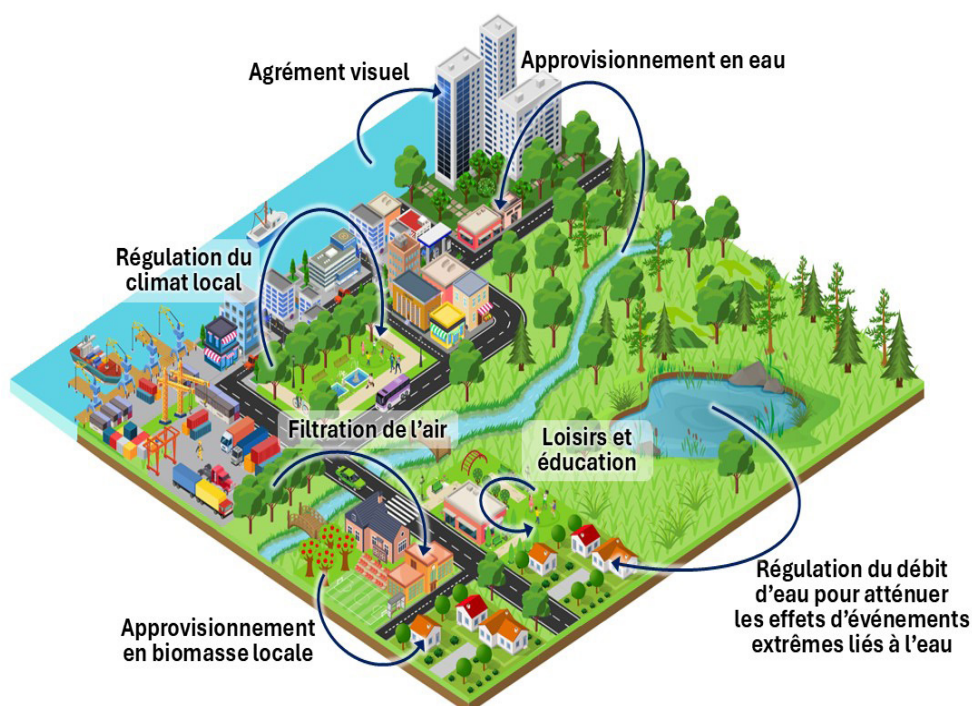
5 Services écosystémiques

D'après le SCEE-CE, les services écosystémiques désignent la contribution de la nature aux humains (United Nations et al., 2021). La fourniture de services écosystémiques aux personnes qui vivent et travaillent dans les zones urbaines dépend de l'étendue et de la condition de l'écosystème urbain et des écosystèmes naturels, semi-naturels et agricoles avoisinants (sections 3 et 4). Ces services peuvent atténuer les effets des aléas environnementaux, permettre une meilleure adaptation aux conditions environnementales et améliorer la santé physique et mentale.

Les services écosystémiques s'avèrent particulièrement utiles dans les grandes zones urbaines, car ils aident à atténuer les enjeux environnementaux propres au milieu urbain qui touchent la majorité de la population canadienne. Par exemple, puisque les villes ont plusieurs sources de pollution atmosphérique et une population dense, les avantages découlant de la captation de cette pollution sont plus grands dans les zones urbaines que dans les zones rurales (Nowak et al., 2014).

Les écosystèmes urbains génèrent divers services, mais les écosystèmes à toutes les échelles spatiales (de l'échelle locale à l'échelle mondiale) offrent des services aux populations urbaines (Gómez-Baggethun et al., 2013). Le présent cadre met l'accent sur sept services écosystémiques finaux qui ont une incidence directe sur le bien-être des personnes qui vivent ou travaillent dans les zones urbaines (figure 1). D'autres services fournis par la nature dans les villes, comme l'atténuation du bruit et la régulation du climat mondial grâce à la séquestration et au stockage du carbone, ne sont pas couverts. Un service écosystémique est considéré comme étant « final » lorsque les personnes en bénéficient directement, et « intermédiaire » lorsqu'il contribue à la fourniture d'un service écosystémique final.

Figure 1
Services écosystémiques sélectionnés pour les grandes zones urbaines au Canada



Source : Statistique Canada, Division des comptes et de la statistique de l'environnement.

Selon la classification des services écosystémiques du SCEE-CE, il y a trois types de services : les services d’approvisionnement, les services de régulation et les services culturels.

- Les services d’approvisionnement représentent la contribution des écosystèmes aux produits récoltés ou extraits des écosystèmes. Cela comprend la contribution de la nature aux récoltes des jardins communautaires ainsi que l’approvisionnement en eau en provenance des bassins versants.
- Les services de régulation représentent la capacité des écosystèmes à réguler les cycles climatique, hydrologique et biochimique, ainsi que les processus biologiques. Dans les écosystèmes urbains, les surfaces végétalisées aident à atténuer les effets des événements et aléas météorologiques extrêmes, tels que les tempêtes et les inondations, en absorbant l’eau et en atténuant les pointes de débit.
- Les services culturels sont générés à travers diverses formes d’interactions humaines avec la nature, où le cadre physique, l’emplacement et les caractéristiques des écosystèmes donnent lieu à des avantages émotifs, intellectuels et symboliques. Pour que les services culturels se concrétisent, les qualités perçues des espaces sont aussi importantes que les caractéristiques réelles des écosystèmes (Buchel et Frantzeskaki, 2015; Dickinson et Hobbs, 2017). Les loisirs, le développement des connaissances, la relaxation, l’appréciation esthétique et la réflexion spirituelle ne sont que quelques exemples des multiples avantages culturels que les personnes peuvent tirer des écosystèmes.

Élaborée d’après le SCEE-CE et la littérature scientifique, une chaîne logique pour chacun des services écosystémiques sélectionnés présente la séquence des renseignements, depuis les actifs écosystémiques communs qui fournissent le service (tableau 3) jusqu’aux principaux utilisateurs et bénéficiaires de ce service écosystémique (tableau 4). Plusieurs des facteurs écologiques qui déterminent la fourniture des services sont des caractéristiques de condition de l’écosystème décrites dans le présent cadre (tableau 2).

Tableau 3

Actifs communs fournissant les services écosystémiques sélectionnés pour les grandes zones urbaines au Canada

Services écosystémiques	Type de service	Actifs communs dans l'écosystème urbain ou dans les bassins versants situés immédiatement en amont
Fournis principalement par l'écosystème urbain		
Filtration de l'air	Régulation	Tous les espaces verts urbains, surtout les arbres et les arbustes
Régulation du climat local	Régulation	Tous les espaces verts et bleus urbains, surtout les arbres
Approvisionnement en biomasse locale	Approvisionnement	Pour l'approvisionnement en cultures : jardins communautaires et résidentiels; terres cultivées dans les zones urbaines et adjacentes à celles-ci
Loisirs et éducation	Culturel	Espaces verts et bleus à usage public dans les zones urbaines et adjacentes à celles-ci
Agrément visuel	Culturel	Espaces verts et bleus dans les zones urbaines et adjacentes à celles-ci
Fournis principalement par les bassins versants situés immédiatement en amont		
Approvisionnement en eau	Approvisionnement	Étendues d'eau intérieures et écosystèmes terrestres naturels et semi-naturels dans les bassins versants en amont, surtout les terres humides et les zones riveraines; sol perméable et actifs végétalisés dans les écosystèmes urbains
Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau	Régulation	Actifs végétalisés naturels et semi-naturels dans les bassins versants en amont ou dans les écosystèmes urbains, surtout les zones riveraines, les terres humides et les plans d'eau; ouvrages techniques végétalisés, tels que les toits verts, les noues végétalisées et les chaussées perméables

Source : Statistique Canada, Division des comptes et de la statistique de l'environnement.

Tableau 4
Chaînes logiques pour les services écosystémiques sélectionnés

Services écosystémiques	Facteurs écologiques déterminant la fourniture	Facteurs sociétaux déterminant la fourniture	Facteurs déterminant l'utilisation	Mesures physiques du service écosystémique	Avantages	Principaux utilisateurs et bénéficiaires
Fournis principalement par l'écosystème urbain						
Filtration de l'air	• Précipitations¹ • Vent • Qualité de l'air ambiant (pollution)¹ • Type de végétation¹ • Couverture végétale et de la canopée¹ • Densité de végétation¹ • Hauteur de la canopée • Santé de la végétation¹ • Configuration des zones végétalisées¹	• Émissions atmosphériques¹	• Population exposée à la pollution • Activités en plein air	• Captation des particules fines et d'autres polluants comme le dioxyde d'azote et l'ozone • Amélioration relative de la qualité de l'air	• Bienfaits sur la santé découlant d'une exposition réduite aux polluants atmosphériques • Réduction des dommages aux composantes physiques bâties des villes	• Ménages • Gouvernements (fournisseurs de services de santé, propriétaires d'immeubles) • Entreprises (propriétaires d'immeubles)
Régulation du climat local	• Surfaces imperméables¹ • Eau de surface¹ • Température¹ • Vent • Type de végétation¹ • Couverture végétale et de la canopée¹ • Densité de végétation¹ • Santé de la végétation¹ • Configuration des zones végétalisées¹	• Albédo de surface • Pratiques d'aménagement relatives aux arbres	• Population exposée à des températures élevées • Distance par rapport aux espaces verts ou bleus • Perception du public et éducation	• Réduction de la température maximale de l'air • Nombre de personnes bénéficiant d'une réduction de la température de l'air durant les journées chaudes • Réduction des coûts d'énergie liés à la climatisation	• Amélioration des conditions de vie provenant de la réduction de la température de l'air • Réduction des maladies ou des surmortalités attribuables aux événements de chaleur extrême	• Ménages • Gouvernements (employeurs, fournisseurs de services de santé) • Entreprises (employeurs, sociétés d'assurances)
Approvisionnement en biomasse locale	• Température¹ • Précipitations¹ • Abondance d'oiseaux insectivores et de chauve-souris (pour le contrôle des ravageurs) • Abondance de pollinisateurs¹ • Approvisionnement en eau	• Pratiques relatives aux cultures (p. ex. la fertilisation) • Contamination du sol • Réglementation qui limite la culture	• Demande d'aliments cultivés localement • Présence de réseaux de distribution locaux • Valeur récréative du jardinage	• Biomasse récoltée localement attribuable à la contribution des écosystèmes • Mesure de substitution: Biomasse totale récoltée localement • Mesure de substitution: Revenus d'exploitation moyens découlant des ventes directes par les exploitations agricoles • Mesures de substitution: Espaces verts urbains, selon l'utilisation	• Fruits et légumes plus accessibles • Fruits et légumes plus frais • Bienfaits d'une meilleure alimentation sur la santé	• Ménages (pour leur propre consommation ou en tant qu'acheteurs) • Agriculteurs locaux
Loisirs et éducation	• Précipitations (neige)¹ • Eau de surface¹ • Qualité de l'air ambiant¹ • Qualité de l'eau¹ • Type de végétation¹ • Couverture végétale et de la canopée¹ • Hauteur de la canopée • Santé de la végétation¹ • Biodiversité des oiseaux¹	• Structures bâties qui rendent les activités récréatives possible (p. ex. les sentiers pédestres) • Pratiques de maintenance (p. ex. l'entretien général) • Absence de bruits perturbateurs • Présence d'entreprises qui fournissent des biens et des services liés aux activités récréatives (p. ex. les restaurants)	• Accessibilité des espaces verts et bleus • Sécurité • Demande en activités récréatives menées en plein air • Classes, ateliers et excursions en plein air offerts par des organismes éducatifs locaux	• Nombre de visites dans les espaces verts et bleus, selon la saison • Population ayant accès à des espaces urbains verts et bleus à usage public • Durée du séjour dans les espaces verts et bleus à usage public, selon la saison • Écoles ayant accès à des espaces verts et bleus à usage public	• Plaisir • Meilleure santé physique et mentale • Meilleures fonctions cognitives • Développement intellectuel	• Ménages • Enfants et jeunes • Organismes éducatifs

Tableau 4
Chaînes logiques pour les services écosystémiques sélectionnés

Services écosystémiques	Facteurs écologiques déterminant la fourniture	Facteurs sociétaux déterminant la fourniture	Facteurs déterminant l'utilisation	Mesures physiques du service écosystémique	Avantages	Principaux utilisateurs et bénéficiaires
Fournis principalement par l'écosystème urbain						
Agrément visuel	- Eau de surface¹ - Qualité de l'eau¹ - Type de végétation¹ - Couverture végétale et de la canopée¹ - Hauteur de la canopée - Santé de la végétation¹ - Biodiversité des oiseaux¹	Pratiques de maintenance (p. ex. l'entretien général)	- Préférences en matière d'aménagement paysager - Emplacement et conception des immeubles résidentiels et des édifices à bureaux - Demande en logement à proximité d'espaces verts et bleus	- Nombre d'immeubles résidentiels et d'édifices à bureaux situés à proximité d'espaces verts et bleus - Population résidant à proximité d'espaces verts et bleus - Valeur immobilière ou locative accrue en raison de la proximité à des espaces verts et bleus	- Plaisir - Meilleure santé mentale - Meilleures fonctions cognitives - Valeur accrue des propriétés	- Ménages - Propriétaires d'immeubles
Fournis principalement par les bassins versants situés immédiatement en amont						
Approvisionnement en eau	- Surfaces imperméables¹ - Température¹ - Precipitations¹ - Évapotranspiration et indice d'aridité - Qualité de l'eau¹ - Type de végétation¹ - Couverture végétale et de la canopée¹ - Biomasse végétale¹ - Santé de la végétation¹ - Âge de la végétation - Configuration des zones végétalisées¹ - Propriétés du sol - Topographie	- Pratiques d'aménagement dans le bassin versant (p. ex. reboisement, restauration des terres humides, barrages, réservoirs artificiels) - Contamination du sol - Émissions dans l'eau et charge de polluants transportée par ruissellement - Traitement de l'eau	- Demande en eau de bonne qualité à différents moments de l'année - Consommation d'eau par personne - Activités industrielles et agricoles - Contraintes réglementaires à l'égard de l'utilisation de l'eau et mécanismes de tarification de l'eau	- Volume total d'eau prélevée pour l'utilisation par les ménages et les industries - Quantité d'eau potable utilisée par les secteurs résidentiel et non résidentiel - Mesure de substitution: Apport annuel en eau	- Besoin réduit d'autres formes de stockage d'eau - Besoin réduit du recours à un processus intensif d'épuration des eaux - Utilisation de l'eau (p. ex. par les usines de traitement de l'eau potable et les ménages; aux fins de l'irrigation et de la production hydroélectrique; en tant qu'intrant industriel) - Amélioration de la qualité de l'eau pour les activités récréatives et pour l'approvisionnement en biomasse aquatique	- Usines de traitement de l'eau potable - Ménages - Industrie (p. ex. l'agriculture)
Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau	- Surfaces imperméables¹ - Température¹ - Precipitations (tempêtes)¹ - Évapotranspiration et indice d'aridité - Type de végétation¹ - Couverture végétale et de la canopée¹ - Densité de végétation¹ - Santé de la végétation¹ - Configuration des zones végétalisées¹ - Utilisation des terres et dégradation du sol - Propriétés du sol - Topographie	Pratiques d'aménagement dans le bassin versant (p. ex. reboisement, restauration des terres humides, contrôle de l'érosion)	- Étendue des actifs produits pour la régulation du débit d'eau - Emplacement des propriétés	- Volume de rétention de l'eau de pluie - Rétention de l'eau de pluie par rapport au volume total d'eau pendant les pointes de débit - Interception de la pluie par les arbres urbains par rapport au volume total d'eau pendant les pointes de débit - Nombre de personnes bénéficiant d'une réduction des risques d'inondation	- Réduction des coûts liés à la protection et aux dommages - Réduction des effets sur la santé physique et mentale	- Ménages - Entreprises (propriétaires d'immeubles) - Gouvernements (propriétaires d'immeubles)

1. Variable dont la mesure est prioritaire (voir le tableau 2).

Source : Statistique Canada, Division des comptes et de la statistique de l'environnement.

Les composantes des écosystèmes urbains, comme la végétation, peuvent avoir des effets positifs sur la fourniture de divers services écosystémiques. Par exemple, une végétation dense est associée à un taux plus élevé de captation de la pollution et à un plus grand effet de refroidissement. Toutefois, ces mêmes composantes peuvent aussi entraîner des torts (p. ex. la chaleur émise par les surfaces bâties pendant la nuit peut être piégée par la

végétation, ou les branches cassées pendant les tempêtes peuvent causer des dommages). Ces effets négatifs peuvent se refléter dans les comptes par une dégradation de la condition de l'écosystème ou par une baisse du flux des services écosystémiques (United Nations et al., 2021).

Ce cadre met l'accent sur la mesure biophysique des services écosystémiques. Il est difficile de mesurer les services écosystémiques, même lorsque les données sont facilement accessibles. La fourniture et l'utilisation des services écosystémiques sont souvent estimées à l'aide d'outils de modélisation ou sont représentées par des variables de substitution. Les comptes pilotes des services écosystémiques incluront des mesures expérimentales de la fourniture ou de l'utilisation des services, avec une mention explicite des lacunes statistiques. Généralement, les services culturels sont plus difficiles à mesurer que les services de régulation, qui, à leur tour, sont plus difficiles à mesurer que les services d'approvisionnement (Gómez-Baggethun et al., 2013).

5.1 Services écosystémiques fournis par l'écosystème urbain

Dans l'écosystème urbain, les actifs qui fournissent les services écosystémiques sont les espaces verts et bleus, notamment les zones végétalisées et les surfaces perméables, les arbres et les plans d'eau. Souvent, les services fournis par les espaces verts et bleus urbains à l'échelle locale contribuent directement aux avantages en matière de santé et de sécurité (Gómez-Baggethun et al., 2013). La plupart des zones classées « grises », comme les stationnements, ne fournissent pas de services écosystémiques.

5.1.1 Filtration de l'air

Les services de filtration de l'air représentent la captation des polluants atmosphériques par les composantes de l'écosystème, surtout les plantes, par le biais du dépôt, de l'absorption, de la transformation et du stockage de ces polluants (United Nations et al., 2021). Bien que l'émission de polluants atmosphériques dans les villes dépasse souvent la capacité de captation par la végétation urbaine (Zupancic et al., 2015), la végétation réduit la concentration des polluants dans l'air ambiant de façon mesurable et atténue leurs effets néfastes sur la santé (section 4.4).

Dans les zones urbaines, les services de filtration de l'air sont fournis principalement par les espaces verts urbains, ainsi que par la végétation adjacente aux zones urbaines. Les arbres urbains, les forêts, les parcs et les zones agricoles contribuent tous à la fourniture de ces services. Les murs végétalisés et les toits verts contribuent aussi à ces services, mais les données sont mitigées à l'égard de leur efficacité (Abhijith et al., 2017; Zupancic et al., 2015).

La captation de la pollution atmosphérique a été davantage étudiée en ce qui a trait aux $PM_{2,5}$ et aux particules fines de diamètre égal ou inférieur à 10 microns en raison de leurs répercussions disproportionnées sur la santé des humains (Harris et al., 2019). D'autres polluants ont également été modélisés, y compris l' O_3 , le NO_2 , le SO_2 et le CO .

Les services de filtration de l'air sont fournis principalement par deux mécanismes : (1) l'absorption interne par les plantes; et (2) le dépôt des particules sur les surfaces, comme les feuilles et l'écorce (Harris et al., 2019; Jim et Chen, 2008; Nowak et al., 2018). Les taux de captation de la pollution atmosphérique dépendent donc d'une combinaison de caractéristiques de la végétation (p. ex. la proportion d'arbres à feuilles caduques et de conifères, la densité et la santé de la végétation, et les dates de feuillaison et de défeuillaison), de facteurs météorologiques (p. ex. la température de l'air, les précipitations, la vitesse du vent, les rayons solaires et l'humidité) et des concentrations de polluants à l'échelle locale (Zupancic et al., 2015) (tableau 4). Les polluants atmosphériques peuvent aussi endommager les plantes. Bien que la captation des polluants se fasse à un rythme plus rapide lorsque leur concentration est élevée, ces polluants peuvent aussi détériorer la santé de la végétation et réduire sa capacité future de filtration de l'air.

La captation de la pollution atmosphérique est plus élevée lorsque le feuillage est plus abondant et que la canopée est plus dense, et varie selon les espèces végétales et le type de polluant (Nowak et al., 2018; Zupancic et al., 2015). Les arbres et les arbustes captent plus de pollution que les plus petites plantes (Harris et al., 2019). En général, les conifères captent davantage de particules que les arbres à feuilles persistantes, tandis que les arbres à feuilles caduques en captent moins (Han et al., 2020). Néanmoins, il a été déterminé que les arbres à feuilles

persistantes captent plus d'O₃ atmosphérique que les conifères (Alonso et al., 2011; cité dans Zupancic et al., 2015). Ainsi, des arbres d'une plus grande diversité d'espèces peuvent agir en complémentarité pour capter les polluants atmosphériques.

Par contre, même si la canopée des arbres peut empêcher les polluants de la haute atmosphère de se rendre au sol (Nowak et al., 2018), la végétation peut aussi piéger la pollution provenant de sources d'émission locales, accroissant ainsi la concentration de polluants à l'échelle locale (Harris et al., 2019; Zupancic et al., 2015). L'effet de « canyon » créé par les arbres de rue et par les bâtiments peut réduire la circulation de l'air qui, autrement, aiderait à évacuer la pollution émise par les véhicules (Abhijith et al., 2017; Kumar et al., 2019). Les arbres peuvent aussi émettre du pollen et des COV. De ce fait, même si les arbres captent des polluants atmosphériques, la concentration de ces polluants dans l'air ambiant et l'exposition à ces polluants peuvent varier à l'échelle locale.

Bien que la fourniture des services de filtration de l'air soit mesurée en fonction de la concentration des polluants, l'utilisation et les avantages des services de filtration de l'air dépendent de la présence des personnes et de leur niveau d'exposition aux polluants filtrés. L'exposition d'une personne à la pollution atmosphérique peut aussi être influencée par ses comportements, surtout par sa participation à des activités de plein air (Nowak et al., 2018). L'exposition à la pollution atmosphérique est, en définitive, le produit de l'interaction complexe de divers facteurs, dont certains sont difficiles à considérer dans des estimations à grande échelle de la captation de la pollution atmosphérique (Harris et al., 2019; Zupancic et al., 2015).

Les services de filtration de l'air offrent deux principaux avantages à la société : une meilleure santé, et la réduction des dommages aux bâtiments et aux autres composantes bâties des villes (Harris et al., 2019). La pollution atmosphérique, surtout les particules fines, contribue à un risque plus élevé (toutes causes confondues) de mortalité et de symptômes respiratoires aigus, tels que l'asthme (Cascio, 2018; Santé Canada, 2021a; World Health Organization, 2021). La captation des polluants atmosphériques atténue ces effets, réduisant le nombre de décès prématurés et les symptômes respiratoires, ainsi que les coûts de soins de santé (Elmqvist et al., 2015; Nowak et al., 2018).

Les principaux bénéficiaires de la réduction des effets sur la santé attribuable à la captation des polluants sont les ménages urbains, ainsi que les personnes qui travaillent dans les zones urbaines. Les services de filtration de l'air sont associés à des enjeux d'inégalité environnementale, car les sources de pollution et la végétation qui capte les polluants peuvent être réparties de façon inégale au regard des caractéristiques socioéconomiques, comme le revenu, de la population urbaine (Elmqvist et al., 2015; Zupancic et al., 2015).

Les mesures pour les flux physiques de services écosystémiques incluent à la fois la quantité absolue de pollution captée et la variation en pourcentage de la concentration de polluants. Cela permet de tenir compte du fait que, plus la concentration des polluants est élevée, plus la quantité de polluants captée augmente (Harris et al., 2019; Nowak et al., 2018). Il est préférable de mesurer la captation de la pollution pour chaque polluant séparément, car cela permet de tenir compte des différents taux et avantages associés à chaque type de polluant. Par exemple, les bienfaits sur la santé découlant de la captation des particules fines sont beaucoup plus importants que ceux associés à la captation d'autres polluants. Pour mesurer la filtration de l'air en tant que service écosystémique, la quantité de polluants captés est mesurée par rapport à un scénario hypothétique dans lequel il n'y aurait aucune végétation (c.-à-d., sol nu ou eau) (United Nations et al., 2021).

Dans le cadre d'études nationales menées dans diverses villes, des données provenant de programmes de télédétection et de surveillance ont été compilées puis entrées dans des modèles informatiques pour estimer la captation des polluants atmosphériques par unité de surface et de temps (Nowak et al., 2006; Nowak et al., 2014; Nowak et al., 2018). La série d'outils de modélisation i-Tree, conçue par le Service des forêts du United States Department of Agriculture (USDA) (Nowak, 2024), est souvent utilisée dans les études de ce genre pour insérer les données dans les modèles et calculer les estimations pour les zones à l'étude.

Nowak et al. (2018) ont combiné les données environnementales locales aux simulations par ordinateur créées dans i-Tree pour en arriver à une estimation entre 7 500 et 21 100 tonnes de pollution atmosphérique (CO, NO₂, O₃, PM_{2,5} et SO₂) captée dans un ensemble de 86 villes canadiennes en 2010. Cela laisse entendre qu'il serait possible de reproduire de telles estimations pour les grandes zones urbaines au Canada sur plusieurs périodes de comptabilité.

Mesures proposées

- Captation des $PM_{2,5}$ (grammes par mètre carré, par année; données converties en tonnes par année pour la zone de comptabilité de base) et d'autres polluants comme le NO_2 et l' O_3 .
- Amélioration relative de la qualité de l'air (captation des $PM_{2,5}$ et d'autres polluants / [concentration + captation]) (pourcentage)

5.1.2 Régulation du climat local

Les services de régulation du climat local correspondent à la régulation des conditions atmosphériques ambiantes grâce à la végétation et à d'autres composantes de l'écosystème (United Nations et al., 2021). Le présent cadre met l'accent sur les réductions de température associées aux vagues de chaleur et à l'effet d'îlot de chaleur urbain dans les villes (section 4.3). Des températures plus basses lors des événements de chaleur extrême améliorent les conditions de vie et réduisent les répercussions sur la santé pour les gens qui vivent ou travaillent dans les zones urbaines (Lungman et al., 2023).

La régulation du climat local se produit grâce au phénomène d'ombrage, où la canopée des arbres bloque les rayons solaires qui, autrement, réchaufferaient les surfaces bâties. L'évapotranspiration des surfaces d'eau, de la végétation et des sols perméables retenant l'humidité consomme de l'énergie thermique qui se trouve dans l'environnement local, ce qui mène à une baisse de la température de l'air (Heris et al., 2021; Winbourne et al., 2020).

La végétation dans l'écosystème urbain, depuis les grands espaces verts urbains jusqu'aux cours et aux arbres, fournit des services de régulation du climat local. Les espaces dans lesquelles il y a des arbres, des jardins, de la pelouse et des ouvrages techniques végétalisés (tels que les toits verts) aident à réguler le climat local. Les plans d'eau, comme les lacs et les rivières, fournissent également de tels services (Babí Almenar et al., 2021; Deilami et al., 2018; Ignatieva et al., 2020).

Le type de végétation (p. ex. conifères ou arbres à feuilles caduques, arbustes, herbes), le type de plan d'eau, la densité et la santé de la végétation, ainsi que la configuration des zones végétalisées influent sur la fourniture des services de régulation du climat local (Chen et al., 2014; Deilami et al., 2018; Winbourne et al., 2020). Par exemple, les parcelles végétalisées de forme irrégulière contribuent davantage à la réduction de la température que les parcelles circulaires. Les processus de refroidissement fonctionnent à diverses échelles spatiales (Kong et al., 2014) et varient d'une saison à l'autre, ainsi qu'entre le jour et la nuit (tableau 4).

Les services de régulation du climat local entrent en jeu si les personnes exposées à une chaleur extrême où elles vivent, travaillent ou exercent des activités bénéficient également de la proximité à des espaces verts ou bleus urbains, comme des arbres de rue (United Nations et al., 2021). Les personnes qui vivent dans des ménages urbains ou travaillent dans des zones urbaines sont les bénéficiaires de ces services, c'est-à-dire qu'elles ont de meilleures conditions et une réduction des effets sur la santé. Les ménages et les entreprises dotés d'un système de climatisation sont moins exposés à la chaleur, mais peuvent tout de même bénéficier de la régulation du climat local en raison de la réduction des coûts d'énergie liés à la climatisation (Heris et al., 2021).

Heris et al. (2021) ont modélisé l'atténuation de la chaleur à une résolution de 30 mètres pour 768 municipalités aux États-Unis, en fonction de la canopée des arbres et des surfaces imperméables, à l'aide des données Landsat sur la température à la surface de la Terre et des données sur la température de l'air fournies par les stations météorologiques. Par le biais d'une approche à deux étapes visant à mesurer les économies d'énergie de refroidissement attribuables aux arbres, par rapport à un scénario sans arbre, l'étude a lié la canopée des arbres et les surfaces imperméables à la température à la surface de la Terre, puis la température à la surface de la Terre à la température de l'air.

Mesures proposées

- Réduction de la température maximale de l'air, comparativement aux zones sans service (degrés Celsius)
- Nombre de personnes bénéficiant d'une réduction de la température de l'air durant les journées chaudes (dénombrement)

- Réduction des coûts d'énergie liés à la climatisation, comparativement aux zones sans service (dollars)
- Réduction des surmortalités attribuables aux événements de chaleur extrême (dénombrement et pourcentage)

5.1.3 Approvisionnement en biomasse locale

Les services d'approvisionnement en biomasse représentent la contribution des écosystèmes aux produits récoltés (United Nations et al., 2021). L'approvisionnement en cultures locales est le point central des travaux sur les services d'approvisionnement en biomasse dans les grandes zones urbaines au Canada. La prise de poissons, de mollusques et de crustacés dans les espaces bleus urbains, ainsi que la cueillette de nourriture ou de produits forestiers dans les espaces verts, pourraient aussi faire partie des services d'approvisionnement.

Dans le contexte urbain, les services d'approvisionnement en cultures locales sont associés à l'agriculture urbaine et périurbaine, définie comme étant « la production de nourriture et d'autres extrants, ainsi que les processus connexes, sur les terres et autres espaces à l'intérieur des villes et dans les régions environnantes » (Food and Agriculture Organization et al., 2022, page 11). Il est reconnu que l'agriculture urbaine et périurbaine peut aider à maintenir une sécurité alimentaire, y compris l'accès à des aliments nutritifs (Khan et al., 2020; Haberman et al., 2014). Les comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada couvrent l'agriculture intra-urbaine, qui est pratiquée dans une zone urbaine, ainsi que l'agriculture périurbaine, pratiquée sur les terres adjacentes à l'écosystème urbain.

Une variété d'actifs verts peuvent fournir des services d'approvisionnement en cultures locales. Par exemple, les petites parcelles de terre utilisées à des fins d'autoconsommation, y compris les jardins ou vergers communautaires et résidentiels, ainsi que les ouvrages techniques végétalisés, comme les toits verts, soutiennent les cultures (Babí Almenar et al., 2021; Khan et al., 2020). Sur les terres agricoles dans les zones urbaines et adjacentes à celles-ci, les agriculteurs locaux cultivent des légumes, des fruits et d'autres parties comestibles des plantes, qu'ils peuvent ensuite offrir à la population urbaine par vente directe, notamment par le biais de l'agriculture soutenue par la communauté.

Les services d'approvisionnement en cultures sont la contribution de la nature à la biomasse récoltée. Ils correspondent à la proportion de la récolte pouvant être attribuée aux processus écosystémiques, à l'exclusion des apports anthropiques, comme la main-d'œuvre et l'épandage d'engrais ou de pesticides. Les cultures en serre sont exclues en raison de la faible contribution écosystémique à la biomasse produite.

La fourniture des services d'approvisionnement en cultures locales dépend de divers facteurs écologiques, notamment la température et l'abondance des pollinisateurs, lesquels influent sur les processus. Les facteurs sociétaux comprennent les pratiques relatives aux cultures (p. ex. en pleine terre ou en contenant), ainsi que les règlements qui limitent la culture, la contamination du sol ou d'autres contraintes (Grafius et al., 2020).

L'utilisation des services d'approvisionnement en cultures locales dépend de la demande en aliments cultivés localement et de la présence de canaux de distribution locaux. L'approvisionnement en cultures locales est également stimulé par des valeurs récréatives, comme le plaisir du jardinage. En 2021, 59 % des ménages dans les [RMR](#) ont déclaré cultiver des fruits, des fines herbes, des légumes ou des fleurs pour usage personnel (Statistique Canada, 2023e). Une autre recherche suggère que la moitié des Canadiens font pousser au moins un type de fruit ou de légume dans un potager résidentiel, et qu'un quart des jardiniers amateurs vivent dans le noyau urbain des villes (Mullins et al., 2021).

Une étude menée sur le jardinage sur l'île de Montréal a révélé que, en 2013, pour 10% des jardiniers, plus de 50% des fruits, légumes et fines herbes qu'ils avaient consommés pendant l'été provenaient de leurs propres récoltes (Ville de Montréal, 2022). Bien que seulement une petite part des aliments consommés par la population urbaine proviennent des actifs à l'intérieur des zones urbaines et adjacents à celles-ci (Gómez-Baggethun et al., 2013), la plupart des produits qui ont poussé localement sont plus frais puisqu'ils ont été récoltés de potagers résidentiels ou ont passé moins de temps en entrepôt ou en cours de livraison.

Les services d’approvisionnement en cultures locales devraient être mesurés par tonne de biomasse récoltée à l’échelle locale qui est attribuable à la contribution des écosystèmes. En l’absence de renseignements sur la proportion attribuable aux intrants naturels, la biomasse totale récoltée peut être utilisée comme variable de substitution pour mesurer les services d’approvisionnement en cultures. Toutefois, les données sur les récoltes à l’échelle locale ne sont pas facilement accessibles, même pour les exploitations agricoles commerciales, et devraient être modélisées à partir d’ensembles de données nationaux existants.

Le Recensement de l’agriculture inclut le pourcentage des revenus d’exploitation totaux des exploitations agricoles découlant de ventes directes en 2021, par subdivision de recensement unifiée. Au Canada, 25 917 exploitations agricoles ont déclaré des ventes directes, y compris les ventes découlant de magasins agricoles sur les lieux ou hors de l’exploitation, de marchés fermiers et de l’agriculture soutenue par la communauté (Statistique Canada, 2022d). Parmi ces exploitations, 13 214 ont déclaré que plus de 50 % de leurs revenus d’exploitation découlaient de ventes directes. Ces données pourraient être utilisées pour estimer les revenus d’exploitation moyens découlant de ventes directes par les exploitations agricoles dans les zones urbaines ou adjacentes à celles-ci.

Parmi les ménages dans les RMR ayant déclaré cultiver des fruits, des fines herbes, des légumes ou des fleurs pour usage personnel, 71 % ont fait ce jardinage dans leur cour et 2 %, dans des jardins communautaires (Statistique Canada, 2023e). Cela laisse entendre qu’une mesure de la superficie des cours pourrait servir de variable de substitution pour calculer la fourniture potentielle des services d’approvisionnement en cultures locales. Les espaces verts urbains pourraient être classés en fonction de leur utilisation, y compris les terres cultivées aux fins commerciales, les cours, les jardins communautaires et les espaces informels. Toutefois, l’élaboration d’une telle méthode nécessitera des recherches plus poussées.

Mesures proposées

- Biomasse récoltée localement attribuable à la contribution des écosystèmes (tonnes par mètre carré)
- Mesure de substitution : Biomasse totale récoltée localement (tonnes par mètre carré)
- Mesure de substitution : Revenus d’exploitation moyens découlant des ventes directes par les exploitations agricoles dans les zones urbaines ou adjacentes à celles-ci (dollars)
- Mesure de substitution : Espaces verts urbains, selon l’utilisation (p. ex. terres cultivées aux fins commerciales, cours, jardins communautaires et espaces informels) (mètres carrés ou pourcentage de la zone urbaine totale)

5.1.4 Loisirs et éducation

Les services de loisirs et d’éducation désignent le plaisir que les personnes retirent de leurs interactions physiques, expérientielles et intellectuelles avec l’environnement (United Nations et al., 2021). Bien que le SCEE-CE fasse une distinction entre les services récréatifs et les services éducatifs, ils sont abordés ensemble dans le présent cadre en raison de similitudes dans les facteurs ayant une influence sur la fourniture et l’utilisation de ces services. Ces deux types de services peuvent aussi se chevaucher, car les activités récréatives et éducatives ne s’excluent pas mutuellement (Mocior et Kruse, 2016).

Les activités récréatives et éducatives peuvent avoir lieu à divers endroits, comme dans les boisés urbains, les parcs publics, les places publiques végétalisées, les plages et les bords de l’eau, les lacs, les rivières et les canaux. Certaines activités dépendent plus des caractéristiques de l’environnement naturel (p. ex. l’observation des oiseaux, la randonnée pédestre et la cueillette de fruits). Par exemple, la diversité des fleurs et des pollinisateurs dans les prés a une plus grande valeur éducative que celle pouvant être observée sur les pelouses ou dans les parcs publics (Paudel et States, 2023).

La fourniture des services récréatifs et éducatifs dépend d’une variété d’apports anthropiques qui permettent d’accéder aux espaces verts et bleus et d’en profiter (Barton et al., 2019). Cela inclut les éléments bâtis, comme les sentiers pédestres et les pistes cyclables, les tableaux d’information, les terrains de jeux pour enfants, les installations sportives, les toilettes et les abreuvoirs (van den Berg, P. et al., 2022; Wolff et al., 2022). Les activités de restauration et de maintenance des espaces verts et bleus sont importantes, car elles ont une incidence sur la sécurité et l’accès physique à ces espaces, ainsi que sur la qualité générale de ces lieux (United Nations et al., 2021). Les entreprises sur place, notamment les restaurants et les fournisseurs d’équipement de location, peuvent

aussi appuyer ou faciliter la fourniture des services écosystémiques de loisirs. En ce qui a trait aux services d'éducation fournis par les écosystèmes, un facteur déterminant est l'offre de classes, d'ateliers et d'excursions en plein air organisés par des organismes éducatifs locaux (Mocior et Kruse, 2016).

Au Canada, les saisons ont un effet important sur le potentiel récréatif des espaces extérieurs, car elles rendent possible la pratique de types précis d'activités récréatives. À l'automne, beaucoup de personnes admirent les couleurs changeantes des arbres pendant qu'elles profitent de la nature. Pendant l'été, les parcs et espaces verts sont utilisés pour la pratique de diverses activités sportives, alors que les rives des lacs, des rivières et des océans sont utilisées pour la natation, le kayak et le surf. Pendant les mois d'hiver, ces mêmes lieux sont utilisés pour la glisse sur neige, le patinage et le ski de fond.

Il y a un fort lien entre la perception des utilisateurs et le caractère approprié des espaces verts et bleus pour les activités récréatives et éducatives. Plus précisément, le potentiel récréatif et éducatif de ces espaces peut être conçu comme un spectre, où les caractéristiques naturelles et infrastructurelles d'un lieu permettent aux personnes de pratiquer différentes activités et d'acquérir des connaissances sur différents sujets (Barton et al., 2019; Massoni et al., 2018). Par exemple, certaines personnes pourraient voir un potentiel récréatif dans n'importe quel espace ouvert recouvert de pelouse, alors que pour d'autres personnes, ce même espace serait perçu comme étant peu attrayant. Selon une étude, une « grande quantité de verdure » est un attribut considéré comme étant important pour les personnes ayant déclaré utiliser les espaces verts et bleus pour faire de la marche, de la bicyclette, du jogging, de la relaxation, pour promener leur chien ainsi que pour manger et boire (Krellenberg et al., 2021). D'autres attributs déclarés incluent la diversité des espèces de plantes et d'animaux et la présence d'arbres, de prairies, d'aires boisées et d'éléments d'eau.

Puisque les activités récréatives et éducatives sont pratiquées sur place, l'accessibilité des espaces verts et bleus est un facteur important qui influe sur l'utilisation de ces espaces (United Nations et al., 2021). L'accessibilité englobe les points d'accès, la distance, les options de déplacement et les droits d'accès. Bien que la répartition spatiale des points d'accès ait une incidence sur la distance de marche, l'accès à du transport public est également important pour atteindre un bassin plus vaste d'utilisateurs. Les personnes à mobilité réduite peuvent bénéficier de points d'accès adaptés et d'options de transport public (Wolff et al., 2022). Les règlements locaux peuvent aussi avoir une incidence sur qui a accès aux espaces verts et bleus et sur la façon dont ces espaces peuvent être utilisés. Par exemple, certaines villes interdisent l'utilisation de barbecues dans les parcs publics. D'autres villes pourraient aussi être tentées d'accroître la densité de population autour des parcs urbains afin d'accroître l'accès à ces espaces. Par contre, une plus forte densité de population pourrait faire en sorte que les gens perçoivent ces endroits comme étant trop achalandés (Arnberger, 2012).

Les espaces verts et bleus offrent des occasions d'adopter des comportements récréatifs favorables à la santé et d'avoir des interactions sociales saines, ce qui a des effets positifs sur divers aspects de la santé physique et mentale à tous les stades de la vie. Certains bienfaits des services récréatifs peuvent même être ressentis avant la naissance : une plus grande fréquentation des espaces verts par les femmes pendant leur grossesse a été associée à une réduction des risques de naissance prématurée et de mortalité infantile (Douglas et al., 2017). Ngom et al. (2016) ont constaté une corrélation entre la proximité à des espaces verts dotés d'installations sportives et une plus faible prévalence de diabète et de maladies cardiovasculaires. L'exposition à la végétation peut aussi être bénéfique aux fonctions cognitives, comme la concentration et la mémorisation, rendant encore plus pertinente l'utilisation des espaces verts et bleus comme environnements d'apprentissage (Vella-Brodrick et Gilowska, 2022).

Les mesures pour les services écosystémiques de loisirs, et les services écosystémiques culturels en général, reflètent habituellement le type, le nombre ou la qualité des interactions que les gens ont avec les écosystèmes (United Nations et al., 2021). Les visites dans les espaces verts et bleus sont considérées comme étant un bon indicateur des flux de services écosystémiques de loisirs (Barton et al., 2019; Hermes et al., 2018). Des enquêtes auprès de la population peuvent servir à recueillir des données quantitatives et qualitatives sur les visites dans les espaces verts ou bleus.

À Statistique Canada, l'Enquête sur les ménages et l'environnement recueille des données sur la participation à des activités de plein air près de la maison¹¹ (y compris le type d'activité), les visites dans les parcs près de la maison, et les visites dans les parcs éloignés de la maison. Les données sont actuellement diffusées à l'échelle de la RMR. Une autre façon dont les chercheurs mesurent les taux de visites est au moyen de données géolocalisées provenant des téléphones intelligents ou des publications et des étiquettes partagées sur les médias sociaux (Barton et al., 2019; Hermes et al., 2018).

Lorsque des données sur les visites ne sont pas disponibles, les visites potentielles peuvent être estimées selon le nombre de personnes qui vivent à une distance accessible de l'espace vert ou bleu. Cette approche est reliée à l'indicateur 12.1 du CMBKM, qui mesure la part de superficie destinée à des espaces à usage public pour tous¹². Pour délimiter la zone accessible, il est recommandé d'utiliser une distance maximale de 400 mètres par rapport aux espaces verts et bleus en suivant le réseau routier local (United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, 2024). Cette même méthode peut être utilisée pour mesurer indirectement les services d'éducation en mettant l'accent sur les établissements scolaires qui se trouvent à une distance de marche des espaces verts et bleus.

Des mesures de proximité aux parcs de quartier sont déjà disponibles à l'échelle des îlots de diffusion dans la Base de données des mesures de proximité. Ces données pourraient être utilisées en vue d'estimer le nombre de personnes qui vivent à une distance de réseau de 1 kilomètre d'un parc (Statistique Canada, 2023f). De plus, la base de données des Mesures spatiales de l'accès (Statistique Canada, 2023g) fournit une mesure de l'accès aux installations récréatives et aux établissements d'enseignement par mode de transport (à pied, à vélo et en transport en commun).

Il a été suggéré d'utiliser la durée du séjour, mesurée à l'aide de la fonction de localisation GPS des téléphones intelligents, comme indicateur de la qualité perçue (Barton et al., 2019). Le raisonnement derrière cette proposition est que, plus les personnes restent longtemps dans un parc, plus forte est la probabilité que ce parc offre des occasions d'activités récréatives et éducatives de qualité.

Mesures proposées

- Nombre de visites dans les espaces verts et bleus, selon la saison (dénombrement)
- Population ayant accès à des espaces urbains verts et bleus à usage public (dénombrement et proportion)
- Durée du séjour dans les espaces verts et bleus à usage public, selon la saison (minutes)
- Écoles ayant accès à des espaces verts et bleus à usage public (dénombrement et pourcentage)

5.1.5 Agrément visuel

Les humains font appel à leurs sens lorsqu'ils sont en nature. Des expériences positives en nature peuvent avoir un effet réparateur sur l'esprit et contribuer à un sentiment généralisé de bien-être (Stoltz et Grahn, 2021). Par exemple, les sons de la nature, comme l'eau qui coule, le vent dans les arbres et le chant des oiseaux, ont été associés à une amélioration du bien-être (Fisher et al., 2021).

Les services d'agrément visuel mettent l'accent sur l'influence visuelle qu'a la nature sur les personnes, sans que ces dernières aient à prendre part activement à une activité quelconque. Le SCEE-CE définit les services d'agrément visuel comme étant « la contribution des écosystèmes aux conditions de vie locales, notamment par le biais des caractéristiques biophysiques et de la qualité des écosystèmes, qui fournissent des avantages sensoriels, en particulier visuels » (United Nations et al., 2021, page 148).

Les architectes paysagistes utilisent des arbres et d'autres éléments de végétation pour améliorer l'apparence visuelle des villes. Une variété dans la végétation (type, densité, taille, forme et couleur) éveille les sens et peut être utilisée dans l'aménagement paysager pour intégrer les bâtiments à leur milieu et rendre les espaces extérieurs plus attrayants (Tyrväinen et al., 2005). Néanmoins, l'aménagement paysager n'est pas une condition nécessaire

11. Dans le contexte de cette enquête, « près de la maison » est défini au sens large comme étant « situé à moins de dix minutes de la maison ».

12. La désignation des espaces à usage public pose des défis particuliers (Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature du Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2024), et il faudra poursuivre le travail afin de trouver la meilleure approche pour déterminer l'accessibilité publique des espaces verts et bleus. Des sources de données qui pourraient être utiles incluent les données d'évaluation foncière provenant du Programme de la statistique du logement canadien, ainsi que les données ouvertes tirées de OpenStreetMap.

à l'appréciation esthétique de la nature. Lorsque les personnes sont sensibilisées aux bienfaits écologiques de la végétation sauvage (p. ex. des prés à leur état naturel), elles pourraient les préférer à un espace vert aménagé (de la Fuente de Val, 2023).

Les actifs qui fournissent des services d'agrément visuel varient, depuis les arbres de rue et la végétation aménagée dans les parcs publics et les propriétés privées, jusqu'à la végétation sauvage qui pousse dans les parcelles non aménagées. Parmi les différents types d'actifs urbains verts, les arbres se démarquent des autres éléments de végétation en raison de leur taille, de leur forme et du changement saisonnier de leurs couleurs (Tyrväinen et al., 2005). Ils sont largement appréciés des résidents urbains (Conway et al., 2024) et sont au centre des stratégies de verdissement de plusieurs municipalités. Plus précisément, l'approche « 3-30-300 » pour la foresterie urbaine recommande qu'au moins trois arbres soient visibles depuis chaque résidence, école et lieu de travail, que la canopée des arbres couvre au moins 30 % de chaque quartier, et que la distance entre chaque résidence et l'espace vert urbain à usage public le plus près ne dépasse pas 300 mètres (Konijnendijk, 2023).

Puisque les arbres poussent lentement, une part significative des espaces végétalisés urbains sont en fait le résultat de décisions prises dans le passé à l'égard de l'utilisation des terres (Boone et al., 2010; Roman et al., 2018). Les jeunes arbres n'ont pas les mêmes caractéristiques de canopée ou le même effet visuel sur les paysages que les arbres matures. Chi et al. (2022) ont révélé que l'exposition à un nombre moins élevé d'arbres de grandes tailles avait une plus forte influence sur la santé cardiovasculaire et les troubles de l'humeur, comparativement à une exposition à un nombre plus élevé d'arbres de plus petites tailles.

L'exposition à des espaces verts et bleus est associée positivement à divers indicateurs de la santé mentale et physique, y compris une réduction du niveau de stress, des niveaux de cortisol plus bas, un moindre risque de détresse psychologique et une meilleure santé générale perçue (Douglas et al., 2017; van den Berg, A. E. et al., 2010). L'exposition à de la végétation en zone résidentielle est également associée positivement à de meilleures fonctions cognitives et à divers aspects du développement des enfants (Jarvis et al., 2022).

Un autre bienfait découlant des services d'agrément visuel est la hausse de la valeur des propriétés situées à proximité d'espaces verts et bleus, hausse pouvant être estimée à l'aide d'un modèle des prix hédoniques. Les recherches démontrent que les caractéristiques environnementales prisées ont une incidence positive sur les prix des maisons (Czembrowski et Kronenberg, 2016; Luttik, 2000). Toutefois, des prix de l'immobilier plus élevés près des espaces verts urbains peuvent faire en sorte que les ménages à plus faibles revenus déménagent (Quinton et al., 2022), ce qui les empêcherait de profiter des bienfaits associés aux services d'agrément visuel (section 6).

D'après le SCEE-CE, les « services liés à l'agrément surviennent dans le contexte des avantages que les gens retirent de leur vie ou de leur travail dans un lieu spécifique » (United Nations et al., 2021, paragraphe 6.58). En d'autres mots, l'utilisation des services d'agrément visuel dépend de l'emplacement et de la demande en logements, écoles, bureaux et autres bâtiments fréquemment visités à proximité d'espaces verts et bleus. L'utilisation de ces services varie aussi selon que la conception des bâtiments permet de profiter de la vue de la végétation à proximité. Mettre ainsi l'accent sur les bénéficiaires potentiels, soit les personnes qui vivent et travaillent à proximité d'espaces verts et bleus, est une façon indirecte, mais simple, de mesurer quantitativement les services d'agrément visuel.

Mesures proposées

- Nombre d'immeubles résidentiels et d'édifices à bureaux situés à proximité d'espaces verts et bleus (en utilisant des caractéristiques de végétation, comme la couverture végétale, la canopée ou le nombre d'arbres) (dénombrement)
- Population résidant à proximité d'espaces verts et bleus (en utilisant des caractéristiques de végétation) (dénombrement et proportion)
- Valeur immobilière ou locative accrue en raison de la proximité à des espaces verts et bleus (dollars)

5.2 Services écosystémiques fournis par les bassins versants immédiatement en amont

Les services écosystémiques utilisés par les personnes qui vivent ou travaillent dans les zones urbaines peuvent provenir des écosystèmes environnants. Les écosystèmes dans les bassins versants immédiatement en amont des zones urbaines fournissent des services qui aident à relever d'importants défis liés à la gestion de l'eau, et ils sont inclus dans le présent cadre en tant que partie de la zone de comptabilité élargie (section 2.2).

En pratique, la zone de comptabilité élargie peut être délimitée à l'aide de la couche des unités de travail du Réseau hydrographique national (RHN) de RNCan (RNCan, 2025). Ces unités constituent les plus petites unités géographiques de ce réseau (Statistique Canada, 2017). Les unités de travail en amont sont déterminées à l'aide de la direction de l'écoulement de l'eau dans le RHN¹³ (carte 3).

5.2.1 Approvisionnement en eau

Les services d'approvisionnement en eau correspondent à la contribution des écosystèmes à la fourniture d'une eau de bonne qualité. Ces services reflètent la contribution combinée des écosystèmes au maintien du débit d'eau et à la purification de l'eau (United Nations et al., 2021). Ils agissent en tant que services intermédiaires en contribuant à l'approvisionnement en biomasse, comme la prise de poissons, de mollusques et de crustacés dans les espaces bleus urbains, ainsi à qu'à l'offre d'activités récréatives comme la natation.

L'eau est fournie par des réserves d'eau intérieures en amont, ce qui comprend l'eau de surface (p. ex. lacs, rivières, glaciers, réservoirs), l'eau souterraine et l'eau présente dans le sol des écosystèmes terrestres. Les réserves d'eau sont en mouvement constant et sont réapprovisionnées grâce aux précipitations et aux apports en eau provenant d'autres endroits, mais les quantités d'eau de ces réserves sont également réduites par l'évapotranspiration et les débits sortants (Portela et al., 2019).

Le maintien du débit d'eau, ou le stockage et l'écoulement graduel de l'eau par les écosystèmes, assure la disponibilité de l'eau au fil des années, surtout pendant des périodes de sécheresse (United Nations et al., 2021; Strange et al., 1999). Par exemple, les zones riveraines, qui longent les étendues ou les cours d'eau, agissent comme des éponges en aidant à atténuer les répercussions des conditions de sécheresse. Les services de purification de l'eau sont fournis par les écosystèmes naturels et semi-naturels, plus particulièrement les terres humides et les zones riveraines, qui filtrent les polluants et, par conséquent, améliorent la qualité de l'eau et réduisent les besoins en traitement de l'eau. Les technologies vertes de gestion des eaux pluviales (p. ex. les noues végétalisées) contribuent aussi à la purification de l'eau en détournant l'eau de pluie vers des surfaces perméables où les nutriments et d'autres polluants sont filtrés avant que le ruissellement n'atteigne les plans d'eau en aval (Service des forêts du USDA, 2020).

Les services d'approvisionnement en eau dépendent d'une interaction complexe entre des facteurs écologiques et sociétaux. Dans les bassins versants en amont, la quantité d'eau est influencée à différents moments de l'année par des caractéristiques hydrogéologiques, y compris la topographie et le type et le niveau de saturation du sol, en combinaison avec des caractéristiques climatiques, comme la température et les précipitations (Milly et al., 2005; Oki et Kanae, 2006). La biomasse, le type et l'âge de la végétation influencent le stockage et la qualité de l'eau par le biais de l'évapotranspiration et de l'infiltration de l'eau (Smith et al., 2017).

Dans les bassins versants en amont et dans les villes, diverses pratiques peuvent améliorer les fonctions écosystémiques et contribuer au maintien du débit d'eau et à la purification de l'eau. Ces pratiques comprennent la gestion des eaux pluviales, le contrôle des inondations et de l'érosion, le reboisement, ainsi que la conservation et la restauration des terres humides et des zones riveraines (Lowrance et al., 2002). Dans la zone urbaine, la qualité de l'eau est aussi affectée par la charge et la transformation des polluants et d'autres aspects comme le débit d'eau, la température et la végétation (Konapala et al., 2020).

13. Puisque les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent ne font pas partie des unités de travail du RHN, une autre méthode doit être élaborée pour plusieurs grandes zones urbaines à proximité de ce complexe hydrographique.

L'utilisation de l'eau est également influencée par divers facteurs, notamment la consommation d'eau par personne, la population et les activités industrielles et agricoles (Noiva et al., 2016). La réglementation qui régit les normes de qualité et les droits relatifs à l'eau, les mécanismes de tarification de l'eau (Vander Ploeg, 2011), et les avancées en matière de traitement de l'eau (Sun et Chu, 2021), ainsi que d'autres facteurs sociaux et culturels, sont tous des facteurs qui déterminent l'utilisation de l'eau.

L'eau fournie par les écosystèmes est traitée par les usines de traitement de l'eau potable, puis distribuée aux ménages et à d'autres secteurs. Les personnes qui vivent ou travaillent dans les zones urbaines bénéficient d'une eau potable pour boire, faire la cuisine, se laver et jardiner. Les sources d'eau naturelles réduisent le besoin d'autres formes de stockage d'eau, comme les systèmes de stockage d'eau artificiels (Boholm et Prutzer, 2017). Divers secteurs, comme l'agriculture, la fabrication, la construction et l'exploitation minière, nécessitent également un approvisionnement fiable en eau propre pour leurs exploitations.

L'approvisionnement en eau est mesuré par le volume d'eau prélevé par année. L'Enquête biennale sur les usines de traitement de l'eau potable (Statistique Canada, 2022e) et les relevés hydrologiques du Canada (Statistique Canada, 2019) fournissent des données sur la quantité d'eau potable utilisée par secteur et sur l'apport en eau pour certaines régions de drainage dans le sud du Canada. L'apport en eau, ou la quantité d'eau douce s'écoulant dans les rivières et les cours d'eau dans un mois ou une année, peut être utilisé comme variable de substitution pour mesurer l'approvisionnement potentiel en eau. L'estimation de la mesure proposée pour les grandes zones urbaines ou les bassins versants immédiatement en amont nécessitera plus de recherches et de développement.

Mesures proposées

- Volume total d'eau prélevé pour l'utilisation par les ménages et les industries, total et par habitant (mètres cubes par année et mètres cubes par personne par année)
- Quantité d'eau potable utilisée par les secteurs résidentiels et non résidentiels (mètres cubes par année)
- Mesures de substitution : Apport annuel en eau (kilomètres cubes)

5.2.2 Régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes liés à l'eau

Les services de régulation du débit d'eau pour atténuer les événements extrêmes liés à l'eau sont fournis par la végétation et par les structures naturelles qui agissent comme zones tampons ou barrières pour prévenir ou réduire les effets des inondations ou des précipitations extrêmes sur les communautés (United Nations et al., 2021). La régulation du débit d'eau résulte de l'action combinée des services d'atténuation des inondations fluviales et des services d'atténuation des pointes de débit. Les services de protection du littoral sont des services distincts qui ne sont pas couverts par le présent cadre, tandis que les sécheresses sont traitées dans le contexte des services d'approvisionnement en eau (section 5.2.1).

Les espaces urbains verts et bleus ainsi que les écosystèmes végétalisés et aquatiques dans les bassins versants en amont, particulièrement les zones riveraines, les terres humides et les plans d'eau, interceptent, absorbent et retiennent l'eau, réduisant ainsi l'eau de ruissellement pendant les événements extrêmes et diminuant la fréquence et l'intensité des inondations (Nowak et Dwyer, 2007; Crossman et al., 2019; Tabacchi et al., 2000). Les toits verts, les noues végétalisées, les chaussées perméables et autres ouvrages végétalisés de gestion des eaux pluviales contribuent aussi à la régulation du débit d'eau (Stefanakis, 2019; Service des forêts du USDA, 2020).

Le type, la couverture et la densité de la végétation, ainsi que la superficie des parcelles végétalisées et les propriétés du sol, comme le type, la texture, la porosité et le contenu en matière organique, influencent les services de régulation du débit d'eau fournis par les zones urbaines et les bassins versants en amont, puisque ces facteurs ont une incidence sur l'eau de ruissellement et sur l'infiltration et le stockage d'eau (Heris et al., 2021; Smith et al., 2017). Par exemple, les feux de forêt en Colombie-Britannique en 2021 ont contribué aux graves inondations qui se sont produites plus tard au cours de cette même année en raison de la perte de la végétation et de la couverture du sol ainsi que de la dégradation des terres (Rhoades et al., 2019; Williams et al., 2019).

Les arbres dans les zones urbaines interceptent l'eau de pluie en captant l'eau sur leurs feuilles, ce qui accroît l'évaporation de l'eau et réduit la quantité d'eau de ruissellement à la surface du sol. L'interception de la pluie dépend de la température, de l'humidité, de la vitesse du vent, de l'intensité et de la durée des épisodes de pluie,

ainsi que des espèces d'arbres, de la canopée des arbres et de l'ISF (Keim et al., 2006; Service des forêts du USDA, 2020; Heris et al., 2021). Sur une base annuelle, les arbres à feuilles caduques captent environ 20 % de la pluie qui tombe sur leur canopée, alors que les conifères en retiennent près de 30 % (Kuehler et al., 2017; Service des forêts du USDA, 2020). Asadian et Weiler (2009) ont démontré que les arbres urbains, qui sont habituellement plus éloignés les uns des autres et qui ont une canopée plus vaste, peuvent intercepter deux fois plus d'eau que les arbres dans les forêts.

L'utilisation des services de régulation du débit d'eau pour atténuer les effets d'événements extrêmes est déterminée par le risque d'inondation, par la répartition spatiale des personnes et de l'infrastructure relativement au risque, et par la faisabilité et les coûts de l'atténuation des effets d'événements extrêmes au moyen d'actifs produits (Crossman et al., 2019). Les services de régulation du débit d'eau réduisent les coûts de protection et préviennent les dommages. Par exemple, ils peuvent réduire les coûts de traitement des eaux pluviales et protéger contre l'érosion (Heris et al., 2021; Smith et al., 2017). Les ménages qui sont exposés à des risques réduits d'inondation sont aussi moins à risque de vivre du stress et de l'anxiété et de subir les effets à long terme associés à des événements d'inondation, comme la dépression et le trouble de stress post-traumatique (Stanke et al., 2012).

Pour mesurer la régulation du débit d'eau, il faut estimer la zone ou le nombre de personnes ayant un risque réduit d'être touchés par des inondations ou des précipitations extrêmes. Cette estimation peut être obtenue à l'aide de modèles hydrologiques axés sur les bassins versants pour quantifier la réduction des pointes de débit. Ces modèles intègrent des variables spatiales, telles que l'utilisation des terres et la couverture terrestre, la topographie, les propriétés du sol, les précipitations et des données hydrologiques.

L'outil de modélisation Hydro de i-Tree peut être utilisé pour estimer la réduction des débits de pointe pendant les événements de pluie torrentielle en modélisant la rétention, l'interception et l'infiltration de l'eau de pluie par les actifs verts urbains (Nowak, 2024). En revanche, le modèle InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) calcule la proportion de l'eau de pluie retenue (au niveau du pixel) pour estimer l'atténuation des effets de l'eau de pluie lors des tempêtes dans les zones urbaines (Natural Capital Project, 2025). Ce modèle estime la réduction de l'eau de ruissellement au cours d'une année, ce qui diffère de l'outil i-Tree où l'accent est mis sur les événements de pluies torrentielles à court terme. Ces modèles sont limités par la qualité des données d'entrée et, souvent, ne représentent pas adéquatement les conditions du site.

Mesures proposées

- Volume de rétention de l'eau de pluie (mètres cubes par année)
- Rétention de l'eau de pluie par rapport au volume total d'eau pendant les pointes de débit (pourcentage)
- Interception de la pluie par les arbres urbains par rapport au volume total d'eau pendant les pointes de débit (pourcentage)
- Nombre de personnes bénéficiant d'une réduction des risques d'inondation (dénombrement)

6 Inégalité environnementale

Le cadre met l'accent sur le bien-être de la population, ce qui suscite des questions en matière d'équité et d'inclusion et soulève la nécessité d'avoir des données désagrégées fiables pour orienter la prise de décisions relatives à la santé publique, à la qualité de l'environnement et à l'adaptation aux changements climatiques. Dans le cadre du Plan d'action sur les données désagrégées, Statistique Canada s'engage à améliorer les statistiques sur les peuples autochtones, les femmes, les groupes racisés et les personnes ayant une incapacité (Statistique Canada, 2024b). D'autres groupes de population pertinents à prendre en considération sont les immigrants, les personnes à faible revenu, les enfants, les jeunes et les aînés.

Des décennies de recherches démontrent que les bienfaits et les nuisances de l'environnement ne sont pas répartis équitablement dans la société (Mohai et al., 2009). Ce phénomène est appelé « inégalité environnementale », concept utilisé pour décrire une situation dans laquelle des groupes de population définis en fonction de caractéristiques telles que le revenu, le genre ou l'appartenance ethnique sont touchés de manière disproportionnée par les enjeux environnementaux. L'inégalité environnementale est le résultat d'un processus continu d'interactions complexes

entre les activités humaines, les dynamiques du marché, les décisions passées et actuelles en matière d'urbanisme, la rareté des terres disponibles dans les zones urbaines, ainsi que les inégalités socioéconomiques existantes (Ernstson, 2013; Pellow, 2000).

Les services écosystémiques peuvent aider à réduire les inégalités environnementales en atténuant les effets des aléas environnementaux sur les communautés ou, à l'inverse, alimenter les inégalités en bénéficiant à certains groupes d'une manière disproportionnée. Au Canada, une analyse statistique nationale sur l'exposition à la végétation en zone résidentielle dans l'ensemble des [RMR](#) a révélé que l'Indice de végétation par différence normalisée (IVDN) moyen dans un rayon de 500 mètres des résidences était plus faible chez les locataires, les jeunes adultes, les personnes à faible revenu, les immigrants (surtout les immigrants récents) et certains groupes racisés (surtout ceux d'origine philippine) (Pinault et al., 2021).

Les personnes peuvent être exposées de façon égale aux aléas environnementaux, mais ce ne sont pas toutes les personnes qui auront le même niveau de vulnérabilité à l'égard de ces risques. La vulnérabilité renvoie à la façon dont les personnes peuvent subir différemment des effets précis et explique en quoi elles pourraient bénéficier davantage des services écosystémiques (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b). La vulnérabilité découle de limites (p. ex. l'âge, les maladies chroniques ou le faible revenu) qui empêchent les personnes de prévoir des événements dangereux, de s'y adapter ou d'y réagir adéquatement (Cardona et al., 2012). Par exemple, une personne qui habiterait dans une zone touchée par l'effet d'îlot de chaleur, mais qui n'aurait pas les moyens de payer un système de climatisation ou n'aurait pas accès à un espace public équipé d'un tel système, serait considérée comme étant plus vulnérable aux vagues de chaleur.

Bien que le cadre général du SCEE-CE ne couvre pas la mesure des inégalités environnementales, des mesures pertinentes peuvent être élaborées pour les comptes thématiques urbains. Pour observer les inégalités environnementales dans les villes, des données à petite échelle sur l'environnement et la population sont rapportées à de petites unités spatiales d'observation. Les [SR](#) et les [AD](#) de Statistique Canada conviendraient bien à cette application en raison de leur petite taille, de leur stabilité relative au fil du temps et de la disponibilité de nombreuses variables à ces niveaux dans le Recensement de la population (Statistique Canada, 2023b).

Pour mesurer et documenter l'inégalité environnementale, on envisagera, dans la mesure du possible, de désagréger les mesures de la condition de l'écosystème ou du service écosystémique en fonction de diverses caractéristiques de la population et de petites zones géographiques, selon la pertinence et le besoin de cette information.

Les cohortes santé et environnement du recensement canadien (CSERCan) sont une ressource riche de données nationales que l'on peut utiliser pour mesurer et examiner les effets sur la santé humaine de l'exposition aux facteurs environnementaux en fonction de différentes dimensions socioéconomiques et ethnoculturelles, pour différentes périodes et différents emplacements (Statistique Canada, s. d.-c). Les ensembles de données combinent les répondants au questionnaire détaillé du recensement (et les répondants à l'Enquête nationale auprès des ménages), les données administratives sur la santé (p. ex. mortalité, cancer, hospitalisations, soins ambulatoires et santé mentale) et les codes postaux annuels de l'adresse postale. À l'avenir, les données environnementales produites en vue des comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines pourraient être liées aux CSERCan, en se fondant sur les codes postaux, afin d'examiner le lien entre les services écosystémiques fournis dans les zones urbaines et les résultats en matière de santé en fonction des caractéristiques de la population.

Exemples de mesures désagrégées selon le groupe de population

- Population vivant à 400 mètres ou moins d'espaces verts et bleus à usage public, par groupe de population (dénombrement et proportion)
- Population ayant accès à une cour ou à un jardin communautaire, par groupe de population (dénombrement et proportion)
- Population vivant dans une zone inondable, par groupe de population (dénombrement et proportion)

7 Conclusion

Les comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada aideront les collectivités, la population et les décideurs dans l'ensemble du pays à mieux comprendre l'évolution de la condition des écosystèmes et les avantages qu'offrent les espaces verts et bleus ou les écosystèmes avoisinants. En mettant l'accent sur le bien-être de la population, ce document a établi un cadre de comptabilité des écosystèmes pour les grandes zones urbaines au Canada, proposant des définitions et des concepts fondamentaux, ainsi que des caractéristiques et des mesures pour représenter et mesurer la condition et les services des écosystèmes urbains. Les comptes des écosystèmes pour les grandes zones urbaines seront mis en place progressivement, selon l'amélioration des connaissances et de la technologie, la priorité étant donnée aux variables qui sont les plus pertinentes et pour lesquelles on peut facilement intégrer des données.

À l'échelle nationale, les données permettront de suivre le progrès accompli par rapport aux objectifs internationaux, comme la cible 12 du CMBKM, à savoir l'amélioration des espaces verts et de l'aménagement urbain pour favoriser le bien-être et la biodiversité (Convention on biological diversity, s. d.). Les comptes des écosystèmes procurent un outil pour déterminer les conséquences de tendances à moyenne ou à grande échelle, comme les répercussions des feux de forêt ou des maladies touchant les arbres sur les services écosystémiques, ainsi que les effets des efforts de planification et des investissements dans le contexte des changements climatiques (Heris et al., 2021). La comparaison des résultats provenant de différentes zones urbaines pourrait permettre de comprendre l'influence de la taille et de la forme des zones urbaines, des conditions climatiques et des politiques de développement sur les services écosystémiques.

Les comptes urbains nationaux mettront l'accent sur la cohérence entre les différents lieux, ce qui permet d'établir des données de référence et constitue un avantage pour l'analyse et la prise de décisions. Les synergies entre ce cadre et les efforts déployés par les gouvernements locaux pour désigner et déclarer les actifs naturels pourraient générer des applications mutuellement avantageuses.

Les données des comptes appuieront les travaux pour mesurer les bienfaits sur la santé physique et mentale de la présence de la nature dans les villes, pour différents groupes de population. Compte tenu de l'hétérogénéité à petite échelle des caractéristiques de la population et de la condition des écosystèmes dans les villes, il est important de désagréger les résultats en fonction de la géographie intra-urbaine pour obtenir une évaluation pertinente de l'inégalité environnementale et cela sera fait dans la mesure où des données sont disponibles.

Glossaire

Abondance des espèces : Taille de la population d'une espèce précise dans une zone donnée (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, s. d.).

Abiotique : Éléments non vivants de l'environnement.

Adaptation : Ajustement au climat réel ou prévu et à ses effets sur l'environnement pour atténuer les dommages ou exploiter les avantages possibles (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b).

Albédo : Proportion de lumière du soleil réfléchie par une surface ou un objet.

Aléa : « Survenue possible d'un phénomène ou d'une tendance physique, d'origine naturelle ou humaine, susceptible d'entraîner des pertes en vies humaines, des blessures ou d'autres effets sur la santé, ainsi que des dégâts et des pertes au niveau des biens, des infrastructures, des moyens de subsistance, de la prestation de services, des écosystèmes et des ressources environnementales » (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b, p. 2911).

Bassin de services : Zone dans laquelle un service écosystémique est fourni à un groupe de personnes (Zhang et al., 2025).

Bien-être : État multidimensionnel englobant les conditions matérielles d'existence d'une personne, sa santé physique et mentale, ses liens et sa participation au sein de la collectivité locale, ainsi que la perception subjective de sa qualité de vie en général (OCDE, 2020).

Biomasse : Masse des organismes vivants.

Biotique : Éléments vivants de l'environnement.

Diversité des espèces : Nombre d'espèces (richesse des espèces) et leur abondance relative dans une zone donnée (Baillie et Upham, 2012).

Comptes des écosystèmes : Cadre spatial statistique intégré permettant d'organiser les renseignements biophysiques sur les écosystèmes, de mesurer les services écosystémiques, de suivre les changements dans l'étendue et la condition des écosystèmes, d'évaluer les services et les actifs écosystémiques, et de relier ces renseignements aux mesures de l'activité économique et humaine (United Nations et al., 2021, p. 3).

Condition des écosystèmes : Qualité d'un écosystème mesurée en fonction de ses caractéristiques abiotiques et biotiques (United Nations et al., 2021, p. 31).

Couverture terrestre : Couverture biophysique observée à la surface de la Terre. La couverture terrestre est divisée en plusieurs catégories (p. ex. zones végétalisées naturelles et semi-naturelles, zones terrestres cultivées et aménagées, surfaces artificielles et zones connexes) (Di Gregorio et Jansen, 2000; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b).

Écosystème : « [C]omplexe dynamique formé de communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes et de leur environnement non vivant qui, par leur interaction, forment une unité fonctionnelle » (Convention sur la diversité biologique, 2006).

Écosystèmes urbains et industriels : Groupe fonctionnel d'écosystèmes relevant du biome d'utilisation intensive des terres selon la typologie mondiale des écosystèmes de l'Union internationale pour la conservation de la nature. Les écosystèmes urbains et industriels sont complexes sur le plan structurel et caractérisés par un ensemble disparate de bâtiments, de routes et d'autres surfaces artificielles, mais aussi de sol nu et d'éléments de végétation ou hydrographiques de tailles et de formes diverses (p. ex. des parcs, des jardins, des arbres de rue, des rivières et des zones riveraines). Les écosystèmes urbains et industriels ont souvent des communautés biotiques simplifiées et des fonctions écosystémiques altérées. De plus, ils dépendent fortement des flux externes d'eau, d'énergie et de nutriments (Keith et al., 2020).

Écozone : « Les écozones sont des régions de la surface terrestre représentatives de grandes unités écologiques très générales [...] » (Statistique Canada, 2021, Tableau 1 : Niveaux du cadre écologique).

Espaces urbains verts et bleus : Zones de végétation et d'eaux intérieures et côtières dans des zones urbaines. Les espaces urbains verts et bleus fournissent des services écosystémiques importants et sont des actifs essentiels des écosystèmes urbains.

Espèces généralistes : Espèces capables d'utiliser différentes ressources et de survivre dans diverses conditions environnementales (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, s. d.).

Espèces spécialistes : Espèces qui ne peuvent survivre que dans un ensemble précis de conditions environnementales et qui utilisent une quantité limitée de ressources (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, s. d.).

Établissement humain : Lieu où se concentrent les habitations humaines et les infrastructures connexes. La taille des établissements varie, allant des petits villages ruraux aux grandes villes (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b).

Évapotranspiration : Combine les processus d'évaporation de l'eau des surfaces au sol et de transpiration végétale dans l'atmosphère.

Fraction de la couverture végétale (FCV) : Proportion du sol couverte par la végétation verte.

Fraction de rayonnement photosynthétiquement actif absorbé (FRPAA) : Fraction du rayonnement photosynthétiquement actif qui est absorbée par la végétation au sol.

Grande zone urbaine : Région définie par les limites de la zone habitée contiguë associée à un grand centre de population urbain.

Voir « zone habitée contiguë ».

Îlot de chaleur urbain : Zone où les températures sont plus élevées en raison de la configuration et des caractéristiques de l'environnement bâti, y compris les matériaux utilisés pour la construction des immeubles et des rues, la présence réduite de végétation et d'eau, et les émissions de chaleur générées par les activités humaines (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b).

Inégalité environnementale : Situation dans laquelle des groupes de population définis selon des caractéristiques telles que le revenu, le genre ou l'appartenance ethnique sont touchés de manière disproportionnée par des enjeux environnementaux (Ernstson, 2013; Mohai et al., 2009; Pellow, 2000).

Indice de surface foliaire (ISF) : Indice représentant la surface projetée (une seule face) totale des feuilles par unité de superficie de sol.

Indice de végétation par différence normalisée (IVDN) : Indicateur de la présence et de la quantité de végétation calculé en utilisant des données spectrométriques recueillies par satellite.

Mesure : Méthode générale de mesure d'une variable.

Noue végétalisée : Fossé végétalisé conçu pour acheminer les eaux de ruissellement et maximiser l'infiltration et le traitement de l'eau (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2021).

Ouvrages techniques végétalisés : Également appelés technologies vertes de gestion des eaux pluviales. Structures d'origine humaine habituellement faites d'une combinaison de matériaux artificiels et d'éléments naturels (p. ex. végétation et substrat). Les ouvrages techniques végétalisés sont conçus pour imiter les fonctions de la nature et sont donc utilisés pour gérer les eaux de ruissellement. Ils offrent également d'autres avantages liés aux espaces verts et bleus. Les toits et les murs verts, les chaussées perméables, les noues végétalisées, les jardins de pluie et les bassins de rétention en sont des exemples (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2021).

Particules fines : Mélange microscopique de particules solides (poussière, terre, suie ou fumée) et de gouttelettes liquides d'origine naturelle ou anthropique (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, s. d.).

Région rurale : Région souvent définie par opposition aux zones urbaines puisqu'elles font toutes deux partie d'un continuum décrivant les différents aspects des établissements humains. Ces aspects comprennent notamment la taille et la densité de population (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b). Selon la géographie du Recensement, les régions rurales comprennent tout le territoire situé à l'extérieur des centres de population. Dans une perspective écosystémique, les régions rurales peuvent inclure des parcelles d'écosystèmes urbains et industriels.

Répercussions : Effets des aléas climatiques et environnementaux sur les personnes, l'environnement bâti et les écosystèmes (y compris les services écosystémiques) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b).

Richesse des espèces : Nombre d'espèces dans une zone donnée (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, s. d.).

Science participative : Participation du public à la recherche scientifique, également appelée « science citoyenne ».

Sécurité alimentaire : Situation dans laquelle « tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active » (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b, p. 2909).

Services écosystémiques : « Contributions des écosystèmes aux avantages utilisés dans les activités économiques et les autres activités humaines » (United Nations et al., 2021, p. 31). « Les services écosystémiques finaux sont utilisés dans le cadre d'activités économiques et par la population (c.-à-d. par les unités économiques). Les services intermédiaires sont utilisés par d'autres écosystèmes et contribuent à la fourniture des services écosystémiques finaux. » (Statistique Canada, 2023a, Comptes de flux de services écosystémiques).

Surfaces artificielles et zones connexes : D'après le Système de classification de l'occupation des sols (Di Gregorio et Jansen, 2000). Cette classe de couverture terrestre correspond à tout type de zone composée majoritairement de surfaces artificielles découlant des activités humaines. Les surfaces artificielles comprennent les zones bâties (villes, infrastructure de transport) et zones non bâties (mines ouvertes, carrières, sites d'enfouissement). Cette classe comprend également les composantes caractéristiques des milieux urbains ou connexes telles que les parcs urbains et les pelouses.

Voir « zone bâtie ».

Surfaces perméables : Également appelées surfaces poreuses ou non étanches. Elles permettent à l'eau de s'infiltrer dans le sol pour filtrer les polluants et recharger les nappes phréatiques. Les surfaces imperméables ou étanches sont des surfaces solides qui ne permettent pas la pénétration de l'eau, causant ainsi le ruissellement de l'eau de pluie (Pineo, 2024).

Topographie : Caractéristiques naturelles et artificielles de la surface de la Terre.

Utilisation des terres : Activités qui s'appliquent à une parcelle de terre. L'utilisation des terres est divisée en plusieurs catégories (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b, p. 2914).

Vague de chaleur : Période prolongée de température exceptionnellement chaude.

Variable de substitution : Représentation indirecte.

Vulnérabilité : Disposition à subir les effets négatifs d'un problème donné (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b). La vulnérabilité découle de limites reliées à l'âge, aux maladies chroniques, au revenu, à l'incapacité ou à d'autres aspects de la situation d'une personne qui l'empêchent de prévoir des événements dangereux, de s'y adapter ou d'y réagir (Cardona et al., 2012).

Zone bâtie : Classe de couverture terrestre; remplacement de la couverture semi-naturelle ou naturelle d'origine ou de la surface d'eau par une couverture artificielle, souvent imperméable et habituellement de longue durée. Les zones bâties comprennent les structures linéaires (c.-à-d. routes, voies ferrées, lignes de communication et oléoducs) et les zones non linéaires (zones industrielles et autres ou zones urbaines) (Di Gregorio et Jansen, 2000).

Du point de vue de la classification de l'utilisation des terres, les zones bâties sont des terrains modifiés ou adaptés par les humains en vue d'y mener leurs activités. Les zones bâties incluent certains types d'espaces ouverts et de zones végétalisées (terrains non construits) qui sont étroitement liés à ces activités, comme les sites d'enfouissement, les lots vacants, les parcs urbains et les jardins. Les zones bâties comprennent les sous-catégories suivantes d'utilisation des terres : activités extractives; construction; activités de fabrication; infrastructure technique; transport et entreposage; services commerciaux, financiers et publics; installations de loisir; et terrains à usage résidentiel (Nations Unies et al., 2016).

Voir « couverture terrestre » et « utilisation des terres ».

Zone habitée contiguë (ZHC) : Représentation de l'empreinte physique des zones habitées sur le territoire environnant. Les ZHC sont délimitées en fonction des données sur la couverture terrestre provenant de l'observation de la Terre. Les ZHC comprennent « les aménagements contigus hors du noyau urbain, tout en excluant les couvertures terrestres naturelles et semi-naturelles à la périphérie de la zone habitée principale » (Allen et Henry, 2023).

Zone périurbaine : Zone de transition entre une zone urbaine et une région rurale. Elle est caractérisée par de fortes interactions entre la zone urbaine et la région rurale sur le plan de l'économie, des activités, des ménages et des modes de vie (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023b).

Zone riveraine : Zone de transition entre les plans d'eau et la terre.

Références bibliographiques

Abhijith, K. V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F., Broderick, B., Di Sabatino, S. et Pulvirenti, B. (2017). [Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments—A review](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.014). *Atmospheric Environment*, 162, 71-86. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.014>.

Agriculture et agroalimentaire Canada. (2023a). [L'utilisation des terres d'AAC](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/fa84a70f-03ad-4946-b0f8-a3b481dd5248) [ensemble de données]. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/fa84a70f-03ad-4946-b0f8-a3b481dd5248>.

Agriculture et agroalimentaire Canada. (2023b). [Inventaire annuel des cultures](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/ba2645d5-4458-414d-b196-6303ac06c1c9) [ensemble de données]. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/ba2645d5-4458-414d-b196-6303ac06c1c9>.

Allen, L. et Henry, M. (2023, 27 octobre). [Zones habitées contiguës : limites et documentation de l'utilisateur](https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-510-x/16-510-x2023001-fra.htm) [ensemble de données et guide]. Statistique Canada. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-510-x/16-510-x2023001-fra.htm>.

- Alonso, R., Vivanco, M. G., González-Fernández, I., Bermejo, V., Palomino, I., Garrido, J. L., Elvira, S., Salvador, P. et Artiñano, B. (2011). [Modelling the influence of peri-urban trees in the air quality of Madrid region \(Spain\)](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.12.005). *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2138–2147. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.12.005>.
- Arnberger, A. (2012). [Urban densification and recreational quality of public urban green spaces—A Viennese case study](https://doi.org/10.3390/su4040703). *Sustainability*, 4(4), 703–720. <https://doi.org/10.3390/su4040703>.
- Asadian, Y. et Weiler, M. (2009). [A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in coastal British Columbia](https://doi.org/10.2166/wqrj.2009.003). *Water Quality Research Journal*, 44(1), 16–25. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2009.003>.
- Asner, G. P., Scurlock, J. M. O. et Hicke, J. A. (2003). [Global synthesis of leaf area index observations: implications for ecological and remote sensing studies](https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00026.x). *Global Ecology and Biogeography*, 12(3), 191–205. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00026.x>.
- Avolio, M. L., Swan, C., Pataki, D. E. et Jenerette, G. D. (2021). [Incorporating human behaviors into theories of urban community assembly and species coexistence](https://doi.org/10.1111/oik.08400). *Oikos*, 130(11), 1849–1864. <https://doi.org/10.1111/oik.08400>.
- Babí Almenar, J. B., Elliot, T., Rugani, B., Philippe, B., Navarrete Gutierrez, T., Sonnemann, G. et Geneletti, D. (2021). [Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104898). *Land Use Policy*, 100, 104898. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104898>.
- Baillie, J. E. M. et Upham, K. (2012). [Species diversity within and among ecosystems](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_413). Dans R. A. Meyers (dir.), *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology* (p. 10085–10095). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_413.
- Barton, D. N., Obst, C., Day, B., Caparrós, A., Dadvand, P., Fenichel, E., Havinga, I., Hein, L., McPearson, T., Randrup, T. et Zulian, G. (2019, 22–24 janvier). [Discussion paper 10: Recreation services from ecosystems](https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_10_-_recreation_services_final_0.pdf) (version du 25 mars 2019). Expert Meeting on Advancing the Measurement of Ecosystem Services for Ecosystem Accounting, New York, États-Unis. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_10_-_recreation_services_final_0.pdf.
- Bjerke, T., Østdahl, T., Thrane, C. et Strumse, E. (2006). [Vegetation density of urban parks and perceived appropriateness for recreation](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.006). *Urban Forestry & Urban Greening*, 5(1), 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.006>.
- Boholm, Å et Prutzer, M. (2017). [Experts' understandings of drinking water risk management in a climate change scenario](https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.01.003). *Climate Risk Management*, 16, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.01.003>.
- Boone, C. G., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Schwarz, K. et Buckley, G. L. (2010). [Landscape, vegetation characteristics, and group identity in an urban and suburban watershed: why the 60s matter](https://doi.org/10.1007/s11252-009-0118-7). *Urban Ecosystems*, 13, 255–271. <https://doi.org/10.1007/s11252-009-0118-7>.
- Buchel, S. et Frantzeskaki, N. (2015). [Citizens' voice: A case study about perceived ecosystem services by urban park users in Rotterdam, the Netherlands](http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.014). *Ecosystem Services*, 12, 169–177. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.014>.
- Buyantuyev, A. et Wu, J. (2010). [Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns](https://doi.org/10.1007/s10980-009-9402-4). *Landscape Ecology*, 25, 17–33. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9402-4>.
- C40. (2025). [C40 Cities](https://www.c40.org/). <https://www.c40.org/>.
- Cakmak, S., Hebborn, C., Pinault, L., Lavigne, E., Vanos, J., Crouse, D. L. et Tjepkema, M. (2018). [Associations between long-term PM_{2.5} and ozone exposure and mortality in the Canadian Census Health and Environment Cohort \(CANHEC\), by spatial synoptic classification zone](https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.11.030). *Environment International*, 111, 200–211. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.11.030>.
- Cardona, O.-D., Van Aalst, M. K., Birkmann, J., Fordham, M., McGregor, G., Perez, R., Pulwarty, R. S., Schipper, E. L. F., Sinh, B. T., Décamps, H., Keim, M., Davis, I., Ebi, K. L., Lavell, A., Mechler, R., Murray, V., Pelling, M., Pohl, J., Smith, A.-O. et Thomalla, F. (2012). Determinants of Risk: Exposure and Vulnerability. Dans C. B. Field, V. Barros, T.F. Stocker et Q. Dahe (dir.), [Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change](https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.005) (p. 65–108). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.005>.
- Cascio, W. E. (2018). [Wildland fire smoke and human health](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.086). *Science of The Total Environment*, 624, 586595. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.086>.

- Chen, A., Yao, X. A., Sun, R. et Chen, L. (2014). [Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.07.006). *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(4), 646–654. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.07.006>.
- Chi, D., Aerts, R., Van Nieuwenhuyse, A., Bauwelinck, M., Demoury, C., Plusquin, M., Nawrot, T., Casas, L. et Somers, B. (2022). [Residential exposure to urban trees and medication sales for mood disorders and cardiovascular disease in Brussels, Belgium: an ecological study](https://doi.org/10.1289/EHP9924). *Environmental Health Perspectives*, 130(5), 057003. <https://doi.org/10.1289/EHP9924>.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. et Maginnis, S. (2016). [Nature-based Solutions to address global societal challenges](http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en). International Union for the Conservation of Nature. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement. (s. d.). [L'air au Canada](https://ccme.ca/fr/qualite-de-lair). <https://ccme.ca/fr/qualite-de-lair>.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement. (2021). [Cadre de l'infrastructure naturelle : concepts, définitions et termes clés](https://ccme.ca/fr/res/niframework_fr.pdf). https://ccme.ca/fr/res/niframework_fr.pdf.
- Convention on Biological Diversity. (s. d.). [Target 12: Enhance Green Spaces and Urban Planning for Human Well-Being and Biodiversity](https://www.cbd.int/gbf/targets/12#:~:text=Green%20and%20blue%20spaces%20%E2%80%93%20These, and%20other%20densely%20populated%20areas). <https://www.cbd.int/gbf/targets/12#:~:text=Green%20and%20blue%20spaces%20%E2%80%93%20These, and%20other%20densely%20populated%20areas>.
- Convention sur la diversité biologique. (2006). [Emploi des termes](https://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-02). Dans La Convention sur la diversité biologique. <https://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-02>.
- Conway, T. M., Ordóñez, C., Richmond, I. C., Su, K., Pike, K., Tchinda, P. E., Bock, J., Nesbitt, L., Pham, T. et Ziter, C. D. (2024). [Comparison of Canadian urban forest perceptions indicates variations in beliefs and trust across geographic settings](https://doi.org/10.1080/26395916.2024.2355272). *Ecosystems and People*, 20(1), 2355272. <https://doi.org/10.1080/26395916.2024.2355272>.
- Crossman, N. D., Nedkov, S. et Brander, L. (2019, 22-24 janvier). [Discussion paper 7: Water flow regulation for mitigating river and coastal flooding](https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_7_-_water_flow_regulation_final.pdf) (version du 1 avril 2019). Expert Meeting on Advancing the Measurement of Ecosystem Services for Ecosystem Accounting, New York, États-Unis. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_7_-_water_flow_regulation_final.pdf.
- Curtis, A. J., Helmig, D., Baroch, C., Daly, R. et Davis, S. (2014). [Biogenic volatile organic compound emissions from nine tree species used in an urban tree-planting program](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.06.035). *Atmospheric Environment*, 95, 634–643. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.06.035>.
- Czembrowski, P. et Kronenberg, J. (2016). [Hedonic pricing and different urban green space types and sizes: Insights into the discussion on valuing ecosystem services](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.10.005). *Landscape and Urban Planning*, 146, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.10.005>.
- Dallimer, M., Davies, Z. G., Diaz-Porras, D. F., Irvine, K. N., Maltby, L., Warren, P. H., Armsworth, P. R. et Gaston, K. J. (2015). [Historical influences on the current provision of multiple ecosystem services](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.015). *Global Environmental Change*, 31, 307–317. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.015>.
- Deilami, K., Kamruzzaman, M. D. et Liu, Y. (2018). [Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures](https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.009). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 67, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.009>.
- De la Fuente de Val, G. (2023). [The effect of spontaneous wild vegetation on landscape preferences in urban green spaces](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127863). *Urban Forestry & Urban Greening*, 81, 127863. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127863>.
- Delpa, I., Jung, A., Baures, E., Clement, M. et Thomas, O. (2009). [Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production](https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.001). *Environment International*, 35(8), 1225–1233. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.001>.
- Dickau, M., Matthews, D., Guertin, É. et Seto, D. (2020). [Projections of declining outdoor skating availability in Montreal due to global warming](https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab8ca8). *Environmental Research Communications*, 2(5), 051001. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab8ca8>.
- Dickinson, D. C. et Hobbs, R. J. (2017). [Cultural ecosystem services: Characteristics, challenges and lessons for urban green space research](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.04.014). *Ecosystem Services*, 25, 179–194. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.04.014>.
- Di Gregorio, A. et Jansen, L. J. M. (2000). [Land Cover Classification System \(LCCS\): Classification concepts and user manual](https://www.fao.org/4/x0596e/x0596e01f.htm#p381_40252). Food and Agriculture Organization. https://www.fao.org/4/x0596e/x0596e01f.htm#p381_40252.

- Doi, H., Katano, I., Negishi, J. N., Sanada, S. et Kayaba, Y. (2013). [Effects of biodiversity, habitat structure, and water quality on recreational use of rivers](https://doi.org/10.1890/ES12-00305.1). *Ecosphere*, 4(8), 102. <https://doi.org/10.1890/ES12-00305.1>.
- Douglas, O., Lennon, M. et Scott, M. (2017). [Green space benefits for health and well-being: A life-course approach for urban planning, design and management](https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.03.011). *Cities*, 66, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.03.011>.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M. L. J. et Sullivan, C. A. (2006). [Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges](https://doi.org/10.1017/S1464793105006950). *Biological Reviews*, 81(2), 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>.
- Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Guneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., Parnell, S., Schewenius, M., Sendstad, M., Seto, K. C., & Wilkinson, C. (Eds.). (2013). [Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: A global assessment](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1). Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1>.
- Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S. N., Van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J. N., Gómez-Baggethun, E., Nowak, D. J., Kronenberg, J. et de Groot, R. (2015). [Benefits of restoring ecosystem services in urban areas](http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001). *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 101–108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001>.
- Environnement et Changement climatique Canada. (s. d.-a). [Concentrations moyennes des particules fines, régions urbaines sélectionnées, 2006-2020](https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/csv/cesindicators/air-quality/2023/Concentrations%20des%20polluants%20des%20r%20c%20a9gions%20urbaines%20s%20c%20a9lectionn%20c%20a9es%20c%20Canada%20c%202006-2020.csv) [tableau de données]. Consulté le 16 septembre 2024. <https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/csv/cesindicators/air-quality/2023/Concentrations%20des%20polluants%20des%20r%20c%20a9gions%20urbaines%20s%20c%20a9lectionn%20c%20a9es%20c%20Canada%20c%202006-2020.csv>.
- Environnement et Changement climatique Canada. (s. d.-b). [Données déclarées en vertu du Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/67b44816-9764-4609-ace1-68dc1764e9ea) [ensemble de données]. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/67b44816-9764-4609-ace1-68dc1764e9ea>.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022). [Données nationales de monitoring de la qualité de l'eau à long terme](https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/planinfrastructure/wastewater-systems-effluent-regulations-reported-data/?lang=fr) [ensemble de données]. Consulté le 10 octobre 2024. <https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/planinfrastructure/wastewater-systems-effluent-regulations-reported-data/?lang=fr>.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2024a, 25 juillet). [Changements de la température au Canada](https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/changements-temperature.html). <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/changements-temperature.html>.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2024b, 31 juillet). [Critères d'alertes météo publiques](https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/types-previsions-meteorologiques-utilisation/publiques/criteres-alertes-meteo.html). <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/types-previsions-meteorologiques-utilisation/publiques/criteres-alertes-meteo.html>.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2024c, 27 juin). [Qualité de l'air](https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-air.html). <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-air.html>.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2024d, 4 décembre). [Inventaire national des rejets de polluants : données sur la pollution et rapports](https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/inventaire-national-rejets-polluants/outils-ressources-donnees.html). <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/inventaire-national-rejets-polluants/outils-ressources-donnees.html>.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2024e). [Données du réseau automatisé du monitoring et de la surveillance de la qualité de l'eau douce](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/f258b0c8-7871-4572-b567-1ba2bd55f1b6) [ensemble de données]. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/f258b0c8-7871-4572-b567-1ba2bd55f1b6>.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2025, 13 mars). [Qualité de l'eau des cours d'eau canadiens](https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-eau-cours-eau-canadiens.html). <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-eau-cours-eau-canadiens.html>.
- Ernstson, H. (2013). [The social production of ecosystem services: A framework for studying environmental justice and ecological complexity in urbanized landscapes](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.005). *Landscape and Urban Planning*, 109(1), 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.005>.
- Evans, B. S., Ryder, T. B., Reitsma, R., Hurlbert, A. H. et Marra, P. P. (2015). [Characterizing avian survival along a rural-to-urban land use gradient](https://doi.org/10.1890/14-0171.1). *Ecology*, 96(6), 1631–1640. <https://doi.org/10.1890/14-0171.1>.

- Eyquem, J. L. (2024). *Getting nature into financial reporting: Natural asset disclosures for local governments*. Intact Centre on Climate Adaptation, University of Waterloo. <https://www.intactcentreclimateadaptation.ca/Getting-Nature-into-Financial-Reporting/>.
- Fernandes, R. A., Brown, L., Canisius, F., Dash, J., He, L., Hong, G., Huang, L., Le, N. Q., Macdougall, C., Meier, C., Darko, P. O., Shah, H., Spafford, L. et Sun, L. (2023). *Validation of Simplified Level 2 Prototype Processor Sentinel-2 fraction of canopy cover, fraction of absorbed photosynthetically active radiation and leaf area index products over North American forests*. *Remote Sensing of Environment*, 293, 113600. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113600>.
- Ferrini, F., Fini, A., Mori, J. et Gori, A. (2020). *Role of vegetation as a mitigating factor in the urban context*. *Sustainability*, 12(10), 4247. <https://doi.org/10.3390/su12104247>.
- Fischer, J. D., Schneider, S. C., Ahlers, A. A. et Miller, J. R. (2015). *Categorizing wildlife responses to urbanization and conservation implications of terminology*. *Conservation Biology*, 29(4), 1246–1248. <https://doi.org/10.1111/cobi.12451>.
- Fisher, J. C., Irvine, K. N., Bicknell, J. E., Hayes, W. M., Fernandes, D., Mistry, J. et Davies, Z. G. (2021). *Perceived biodiversity, sound, naturalness and safety enhance the restorative quality and wellbeing benefits of green and blue space in a neotropical city*. *Science of the Total Environment*, 755(2), 143095. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143095>.
- Food and Agriculture Organization, Rikolto, & RUAF. (2022). *Urban and peri-urban agriculture sourcebook – From production to food systems*. FAO and Rikolto. <https://doi.org/10.4060/cb9722en>.
- Fraisl, D., Hager, G., Bedessem, B., Gold, M., Hsing, P., Danielsen, F., Hitchcock, C. B., Hulbert, J. M., Piera, J., Spiers, H., Thiel, M. et Haklay, M. (2022). *Citizen science in environmental and ecological sciences*. *Nature Reviews Methods Primers*, 2, 64. <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00144-4>.
- Fraixedas, S., Lindén, A., Piha, M., Cabeza, M., Gregory, R. et Lehtikoinen, A. (2020). *A state-of-the-art review on birds as indicators of biodiversity: Advances, challenges, and future directions*. *Ecological Indicators*, 118, 106728. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106728>.
- GEO.ca. (2025, 7 mars). *GéoloA*. <https://geo.ca/fr/initiatives-fr/geobase/geoia/>.
- GeoVille. (2018). *High Resolution land cover characteristics, Lot1: Imperviousness 2018, Imperviousness Change 2015 – 2018 and Built-up 2018* [rapport technique]. Copernicus. <https://land.copernicus.eu/en/technical-library/hrl-imperviousness-2018-user-manual/@@download/file>.
- Gómez-Baggethun, E., Gren, A., Barton, D. N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P., Andersson, E., Hamstead, Z. et Kremer, P. (2013). Urban Ecosystem Services. Dans T. Elmqvist, M. Fragkias, J. Goodness, B. Güneralp, P. J. Marcotullio, R. I. McDonald, S. Parnell, M. Schewenius, M. Sendstad, K. C. Seto et Wilkinson, C. (dir.), *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities: a global assessment* (pp. 175-251). Springer Nature. https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/28058/1/2013_Book_UrbanizationBiodiversityAndEco.pdf.
- Gouvernement du Canada. (s. d.). *Données climatiques historiques*. https://climat.meteo.gc.ca/index_f.html.
- Grafius, D. R., Edmondson, J. L., Norton, B. A., Clark, R., Mears, M., Leake, J. R., Corstanje, R., Harris, J. A. et Warren, P. H. (2020). *Estimating food production in an urban landscape*. *Scientific Reports*, 10, 5141. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62126-4>.
- Gregory, R. (2006). *Birds as biodiversity indicators for Europe*. *Significance*, 3(3), 106–110. <https://doi.org/10.1111/j.1740-9713.2006.00178.x>.
- Gunawardena, K. R., Wells, M. J. et Kershaw, T. (2017). *Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity*. *Science of the Total Environment*, 584-585, 1040-1055. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>.
- Haaland, C. et Konijnendijk van den Bosch, C. C. (2015). *Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 760–771. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.009>.
- Haberman, D. et Bennett, E. M. (2019). *Ecosystem service bundles in global hinterlands*. *Environmental Research Letters*, 14, 084005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab26f7>.

- Haberman, D., Gillies, L., Canter, A., Rinner, V., Pancrazi, L. et Martellozzo, F. (2014). [The Potential of urban agriculture in Montréal: A quantitative assessment](#). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3(3), 1101–1117. <https://doi.org/10.3390/ijgi3031101>.
- Hall, D. M., Camilo, G. R., Tonietto, R. K., Ollerton, J., Ahrné, K., Arduser, M., Ascher, J. S., Baldock, K. C. R., Fowler, R., Frankie, G., Goulson, D., Gunnarsson, B., Hanley, M. E., Jackson, J. I., Langelotto, G., Lowenstein, D., Minor, E. S., Philpott, S. M., Potts, S. G., ... Threlfall, C. G. (2016). [The city as a refuge for insect pollinators](#). *Conservation Biology*, 31(1), 24–29. <https://doi.org/10.1111/cobi.12840>.
- Han, D., Shen, H., Duan, W. et Chen, L. (2020). [A review on particulate matter removal capacity by urban forests at different scales](#). *Urban Forestry & Urban Greening*, 48, 126565. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126565>.
- Harris, R., Reis, S., Jones, L., Agarwala, M., Atkinson, G. et Nowak, D. (2019, 22 24 janvier). [Discussion paper 4: Research paper on air filtration ecosystem services](#) (version du 15 mars 2019). Expert Meeting on Advancing the Measurement of Ecosystem Services for Ecosystem Accounting, New York, United States. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_4_-_air_filtration_final.pdf.
- Heris, M., Bagstad, K. J., Rhodes, C., Troy, A., Middel, A., Hopkins, K. G. et Matuszak, J. (2021). [Piloting urban ecosystem accounting for the United States](#). *Ecosystem Services*, 48, 101226. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101226>.
- Hermes, J., Van Berkel, D., Burkhard, B., Plieninger, T., Fagerholm, N., von Haaren, C. et Albert, C. (2018). [Assessment and valuation of recreational ecosystem services of landscapes](#). *Ecosystem Services*, 31(C), 289–295. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.04.011>.
- Hernandez, H. M. (2020). [Ice and snow's contributions to people: What are they and how will they be affected by climate change? A case-study in Oslomarka, Norway](#) [Master's thesis, Norwegian University of Life Sciences]. https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2721322/MSc%20Thesis_Hannah%20Marie%20Hernandez.pdf?sequence=1.
- Ignatieva, M., Haase, D., Dushkova, D. et Haase, A. (2020). [Lawns in cities: From a globalised urban green space phenomenon to sustainable nature-based solutions](#). *Land*, 9(3), 73. <https://doi.org/10.3390/land9030073>.
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (n.d.). [Canopée des six RMR du Québec 2022](#) [Dataset]. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/canopee-des-six-rmr-du-quebec>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2023a). North America. Dans H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem et B. Rama (dir.), [Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change](#) (pp. 1929–2042). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.016>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023b). Glossary. Dans H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem et B. Rama (dir.), [Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change](#) (pp. 2897–2930). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.029>.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (n.d.). [Glossary](#). <https://www.ipbes.net/glossary>.
- lungman, T., Cirach, M., Marando, F., Pereira Barboza, E., Khomenko, S., Masselot, P., Quijal-Zamorano, M., Mueller, N., Gasparrini, A., Urquiza, J., Heris, M., Thondoo, M. et Nieuwenhuijsen, M. (2023). [Cooling cities through urban green infrastructure: a health impact assessment of European cities](#). *The Lancet*, 401(10376), 577–589. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02585-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02585-5).
- Jaffe, D. A., O'Neill, S. M., Larkin, N. K., Holder, A. L., Peterson, D. L., Halofsky, J. E. et Rappold, A. G. (2020). [Wildfire and prescribed burning impacts on air quality in the United States](#). *Journal of the Air & Waste Management Association*, 70(6), 583–615. <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1749731>.
- Jain, P., Barber, Q. E., Taylor, S. W., Whitman, E., Castellanos-Acuna, D., Boulanger, Y., Chavardès, R. D., Chen, J., Englefield, P., Flannigan, M., Girardin, M. P., Hanes, C. C., Little, J., Morrison, K., Skakun, R. S., Thompson, D. K., Wang, X. et Parisien, M. A. (2024). [Drivers and impacts of the record-breaking 2023 wildfire season in Canada](#). *Nature Communications*, 15, 6764. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51154-7>.

- Jarvis, I., Sbihi, H., Davis, Z., Brauer, M., Czekajlo, A., Davies, H. W., Gergel, S. E., Guhn, M., Jerrett, M., Koehoorn, M., Nesbitt, L., Oberlander, T. F., Su, J. et van den Bosch, M. (2022). [The influence of early-life residential exposure to different vegetation types and paved surfaces on early childhood development: A population-based birth cohort study](https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107196). *Environment International*, 163, 107196. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107196>.
- Jim, C.Y. et Chen, W. Y. (2008). [Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou \(China\)](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.035). *Journal of Environmental Management*, 88(4), 665-676. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.035>.
- Johnston, A., Matechou, E. et Dennis, E. B. (2023). [Outstanding challenges and future directions for biodiversity monitoring using citizen science data](https://doi.org/10.1111/2041-210X.13834). *Methods in Ecology and Evolution*, 14, 103116. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13834>.
- Ju, Y., Dronova, I. et Delclòs-Alió, X. (2022). [A 10 m resolution urban green space map for major Latin American cities from Sentinel-2 remote sensing images and OpenStreetMap](https://doi.org/10.1038/s41597-022-01701-y). *Scientific Data*, 9, 586. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01701-y>.
- Keim, R. F., Skaugset, A. E. et Weiler, M. (2006). [Storage of water on vegetation under simulated rainfall of varying intensity](https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2005.07.017). *Advances in Water Resources*, 29(7), 974-986. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2005.07.017>.
- Keith, D. A., Ferrer-Paris, J. R., Nicholson, E. et Kingsford, R. T. (dir.) (2020). [The IUCN Global Ecosystem Typology 2.0: Descriptive profiles for biomes and ecosystem functional groups](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.13.en). International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.13.en>.
- Kendal, D., Egerer, M., Byrne, J. A., Jones, P. J., Marsh, P., Threlfall, C. G., Allegretto, G., Kaplan, H., Nguyen, H. K. D., Pearson, S., Wright, A. et Flies, E. J. (2020). [City-size bias in knowledge on the effects of urban nature on people and biodiversity](https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc5e4). *Environmental Research Letters*, 15(12), 124035. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc5e4>.
- Khan, M. M., Akram, M. T., Janke, R., Qadri, R. W. K., Al-Sadi, A. M. et Farooque, A. A. (2020). [Urban horticulture for food secure cities through and beyond COVID-19](https://doi.org/10.3390/su12229592). *Sustainability*, 12(22), 9592. <https://doi.org/10.3390/su12229592>.
- Konapala, G., Mishra, A. K., Wada, Y. et Mann, M. E. (2020). [Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation](https://doi.org/10.1038/s41467-020-16757-w). *Nature Communications*, 11, 3044. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16757-w>.
- Kong, F., Yin, H., James, P., Hutya, L. R. et He, H. S. (2014). [Effects of spatial pattern of greenspace on urban cooling in a large metropolitan area of eastern China](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.04.018). *Landscape and Urban Planning*, 128, 35-47. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.04.018>.
- Konijnendijk, C. C. (2023). [Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3-30-300 rule](https://doi.org/10.1007/s11676-022-01523-z). *Journal of Forestry Research*, 34, 821-830. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01523-z>.
- Kovats, R. S. et Hajat, S. (2008). [Heat stress and public health: a critical review](https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843). *Annual Review of Public Health*, 29, 41-55. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843>.
- Kowarik, I. (2011). [Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.022). *Environmental pollution*, 159(8-9), 1974-1983. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.022>.
- Krellenberg, K., Artmann, M., Stanley, C. et Hecht, R. (2021). [What to do in, and what to expect from, urban green spaces – Indicator-based approach to assess cultural ecosystem services](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126986). *Urban Forestry & Urban Greening*, 59, 126986. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126986>.
- Kuehler, E., Hathaway, J. et Tirpak, A. (2017). [Quantifying the benefits of urban forest systems as a component of the green infrastructure stormwater treatment network](https://doi.org/10.1002/eco.1813). *Ecohydrology*, 10(3), e1813. <https://doi.org/10.1002/eco.1813>.
- Kumar, P., Druckman, A., Gallagher, J., Gatersleben, B., Allison, S., Eisenman, T. S., Hoang, U., Hama, S., Tiwari, A., Sharma, A., Abhijith, K. V., Adlakha, D., McNabola, A., Astell-Burt, T., Feng, X., Skeldon, A. C., De Lusignan, D et Morawska, L. (2019). [The nexus between air pollution, green infrastructure and human health](https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105181). *Environment international*, 133 (A), 105181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105181>.
- Lemmen, D. S., Warren, F. L., Lacroix, J. et Bush, E. (dir.). (2008). [Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007](https://publications.gc.ca/collections/collection_2008/nrcan/M174-2-2007F.pdf). Gouvernement du Canada. https://publications.gc.ca/collections/collection_2008/nrcan/M174-2-2007F.pdf.

- Lepczyk, C. A., La Sorte, F. A., Aronson, M. F. J., Goddard, M. A., MacGregor-Fors, I., Nilon, C. H. et Warren P. S. (2017). [Global patterns and drivers of urban bird diversity](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43314-1_2). In E. Murgui & M. Hedblom (Eds.), *Ecology and Conservation of Birds in Urban Environments* (pp. 13–33). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43314-1_2.
- Lloyd, M., Ganji, A., Xu, J., Venuta, A., Simon, L., Zhang, M., Saeedi, M., Yamanouchi, S., Apte, J., Hong, K., Hatzopoulou, M. et Weichenthal, S. (2023). [Predicting spatial variations in annual average outdoor ultrafine particle concentrations in Montreal and Toronto, Canada: Integrating land use regression and deep learning models](https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108106). *Environment International*, 178, 108106. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108106>.
- Lowrance, R., Dabney, S. et Schultz, R. (2002). [Improving water and soil quality with conservation buffers](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00224561.2002.12457420). *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(2), 36A+. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00224561.2002.12457420>.
- Lulham, N., Warren, F. J., Walsh, K. A. et Szwarc, J. (2023). [Le Canada dans un climat en changement: rapport de synthèse](https://changingclimate.ca/synthesis/fr/). Gouvernement du Canada. <https://changingclimate.ca/synthesis/fr/>.
- Luo, S. et Patuano, A. (2023). [Multiple ecosystem services of informal green spaces: A literature review](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127849). *Urban Forestry & Urban Greening*, 81, 127849. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127849>.
- Luttik, J. (2000). [The value of trees, water and open space as reflected by house prices in the Netherlands](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00039-6). *Landscape and Urban Planning*, 48(3-4), 161–167. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00039-6).
- Mair, L., et Ruete, A. (2016). [Explaining spatial variation in the recording effort of citizen science data across multiple taxa](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147796). *Plos One*, 11(1), e0147796. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147796>.
- Massoni, E. S., Barton, D. N., Rusch, G. M. et Gundersen, V. (2018). [Bigger, more diverse and better? Mapping structural diversity and its recreational value in urban green spaces](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.013). *Ecosystem Services*, 31(C), 502–516. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.013>.
- Mendes, P., Goyette, J., Cottet, M., Cimon-Morin, J., Pellerin, S. et Poulin, M. (2024). [The aesthetic value of natural vegetation remnants, city parks and vacant lots: The role of ecosystem features and observer characteristics](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128388). *Urban Forestry & Urban Greening*, 98, 128388. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128388>.
- Milly, P. C., Dunne, K. A. et Vecchia, A. V. (2005). [Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate](https://doi.org/10.1038/nature04312). *Nature*, 438, 347–350. <https://doi.org/10.1038/nature04312>.
- Mocior, E. et Kruse, M. (2016). [Educational values and services of ecosystems and landscapes – An overview](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.031). *Ecological Indicators*, 60, 137–151. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.031>.
- Mohai, P., Pellow, D. et Roberts, J. T. (2009). [Environmental justice](https://doi.org/10.1146/annurev-environ-082508-094348). *Annual review of environment and resources*, 34, 405–430. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-082508-094348>.
- Mohajeri, N., Gudmundsson, A. et Scartezzini, J.-L. (2015, 9-11 septembre). [Expansion and densification of cities: Linking urban form to urban ecology](https://infoscience.epfl.ch/server/api/core/bitstreams/e016cf2f-dee3-4a9f-b7a3-4658cfc6c358/content) [Paper presentation]. International Conference on Future Buildings & Districts Sustainability, From Nano to Urban Scale, Lausanne, Switzerland. <https://infoscience.epfl.ch/server/api/core/bitstreams/e016cf2f-dee3-4a9f-b7a3-4658cfc6c358/content>.
- Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J. et Viklander, M. (2020). [The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136125). *Science of the Total Environment*, 709, 136125. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136125>.
- Mullins, L., Charlebois, S., Finch, E. et Music, J. (2021). [Home food gardening in Canada in response to the COVID-19 pandemic](https://doi.org/10.3390/su13063056). *Sustainability*, 13(6), 3056. <https://doi.org/10.3390/su13063056>.
- Nations Unies, Commission européenne, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Fonds monétaire international, Organisation de coopération et de développement économiques et Banque mondiale. (2016). [Cadre central du Système de comptabilité économique et environnementale, 2012](https://seea.un.org/content/seea-central-framework). <https://seea.un.org/content/seea-central-framework>.
- Natural Capital Project (2025). [InVEST 3.14.3](https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest). Stanford University, University of Minnesota, Chinese Academy of Sciences, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund, Stockholm Resilience Centre and the Royal Swedish Academy of Sciences. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>.
- Ngom, R., Gosselin, P., Blais, C. et Rochette, L. (2016). [Type and proximity of green spaces are important for preventing cardiovascular morbidity and diabetes—A cross-sectional study for Quebec, Canada](https://doi.org/10.3390/ijerph13040423). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(4), 423. <https://doi.org/10.3390/ijerph13040423>.

- Noiva, K., Fernández, J. E. et Wescoat Jr, J. L. (2016). [Cluster analysis of urban water supply and demand: Toward large-scale comparative sustainability planning](https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.003). *Sustainable Cities and Society*, 27, 484-496. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.003>.
- Nowak, D. J., Crane, D. E. et Stevens, J. C. (2006). [Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007). *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](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4289-8_2). In J. E. Kuser (Ed.), *Urban and community forestry in the Northeast* (pp. 25-46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4289-8_2.
- 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](http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028). *Environmental Pollution*, 193, 119-129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>.
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Doyle, M., McGovern, M. et Pasher, J. (2018). [Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.019). *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.019>.
- Nowak, D. J. (2024). [Understanding i-Tree: 2023 summary of programs and methods](https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/gtr/gtr_nrs200-2023.pdf). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/gtr/gtr_nrs200-2023.pdf.
- Oki, T., & Kanae, S. (2006). [Global hydrological cycles and world water resources](https://doi.org/10.1126/science.1128845). *Science*, 313(5790), 1068-1072. <https://doi.org/10.1126/science.1128845>.
- Organisation de coopération et de développement économiques. (2020). [Comment va la vie? 2020: Mesurer le bien-être](https://www.oecd.org/fr/publications/comment-va-la-vie-2020_ab72c502-fr.html). Éditions OCDE. https://www.oecd.org/fr/publications/comment-va-la-vie-2020_ab72c502-fr.html.
- ParkSeek. (s. d.). ParkSeek. <https://parkseek.ca/fr/>.
- Pasher, J., McGovern, M., Khoury, M. et Duffe, J. (2014). [Assessing carbon storage and sequestration by Canada's urban forests using high resolution earth observation data](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.05.001). *Urban forestry & Urban Greening*, 13(3), 484-494. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.05.001>.
- Paudel, S. et States, S. L. (2023). [Urban green spaces and sustainability: Exploring the ecosystem services and disservices of grassy lawns versus floral meadows](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127932). *Urban Forestry & Urban Greening*, 84, 127932. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127932>.
- Pellow, D. N. (2000). [Environmental inequality formation: Toward a theory of environmental injustice](https://doi.org/10.1177/0002764200043004004). *The American Behavioral Scientist*, 43(4), 581-601. <https://doi.org/10.1177/0002764200043004004>.
- Perry, G., Boal, C. W., Verble, R. et Wallace, M. C. (2020). "Good" and "Bad" Urban Wildlife. In F. M. Angelici & L. Rossi (Eds.), *Problematic Wildlife II: New Conservation and Management Challenges in the Human-Wildlife Interactions* (pp. 141-170). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42335-3_5.
- Pinault, L., Christidis, T., Toyib, O. et Crouse, D. L. (2021). [Disparités ethnoculturelles et socioéconomiques en matière d'exposition à la verdure en milieu résidentiel dans les régions urbaines du Canada](https://www.doi.org/10.25318/82-003-x202100500001-fra). Rapports sur la santé, 32(5). <https://www.doi.org/10.25318/82-003-x202100500001-fra>.
- Pineo, R. (2024, October). [Permeable vs. impermeable surfaces](https://www.udel.edu/canr/cooperative-extension/fact-sheets/permeable-impermeable-surfaces/). University of Delaware. <https://www.udel.edu/canr/cooperative-extension/fact-sheets/permeable-impermeable-surfaces/>.
- Portela, R., Bezerra, M. O., Alam, M., Shaad, K., Banerjee, O. et Honzák, M. (2019, 22-24 janvier). [Discussion paper 8: Water supply services: Biophysical modeling and economic valuation in ecosystem accounting](https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_8_-_water_supply_service_final.pdf) (version du 15 mars 2019). Expert Meeting on Advancing the Measurement of Ecosystem Services for Ecosystem Accounting, New York, United States. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_8_-_water_supply_service_final.pdf.
- Quick, M. (2024). [Les répercussions des événements de chaleur extrême sur la mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle, cardiovasculaire et respiratoire : une analyse de 12 villes canadiennes, de 2000 à 2020](https://www.doi.org/10.25318/82-003-x202400600001-fra). Rapports sur la santé, 35(6). <https://www.doi.org/10.25318/82-003-x202400600001-fra>.
- Quinton, J., Nesbitt, L. et Sax, D. (2022). [How well do we know green gentrification? A systematic review of the methods](https://doi.org/10.1177/03091325221104478). *Progress in Human Geography*, 46(4), 960-987. <https://doi.org/10.1177/03091325221104478>.

- Rega-Brodsky, C. C., Aronson, M. F. J., Piana, M. R., Carpenter, E., Hahs, A. K., Herrera-Montes, A., Knapp, S., Kotze, D. J., Lepczyk, C. A., Moretti, M., Salisbury, A. B., Williams, N. S. G., Jung, K., Katti, M., MacGregor-Fors, I., MacIvor, J. S., La Sorte, F. A., Sheel, V., Threfall, C. G. et Nilon, C. H. (2022). [Urban biodiversity: State of the science and future directions](https://doi.org/10.1007/s11252-022-01207-w). *Urban Ecosystems*, 25, 1083–1096. <https://doi.org/10.1007/s11252-022-01207-w>.
- Ressources naturelles Canada. (2022). [Réseau hydro national - RHN - Série GéoBase](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/a4b190fe-e090-4e6d-881e-b87956c07977) [ensemble de données]. Consulté le 25 février 2025. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/a4b190fe-e090-4e6d-881e-b87956c07977>.
- Ressources naturelles Canada. (2023a). [Bâtiments extraits automatiquement - Spécifications du produit](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/7a5cda52-c7df-427f-9ced-26f19a8a64d6/resource/d383b568-3f27-491f-be02-64e1c318c95d). <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/7a5cda52-c7df-427f-9ced-26f19a8a64d6/resource/d383b568-3f27-491f-be02-64e1c318c95d>.
- Ressources naturelles Canada. (2023b). [Lacs, rivières et glaciers au Canada - Série CanVec - Entités hydrographiques](https://open.canada.ca/data/en/dataset/9d96e8c9-22fe-4ad2-b5e8-94a6991b744b) [ensemble de données]. <https://open.canada.ca/data/en/dataset/9d96e8c9-22fe-4ad2-b5e8-94a6991b744b>.
- Ressources naturelles Canada. (2024a). Average monthly temperature and precipitation, 1950 to 2023 [ensemble de données non publié]. Ensemble de données d'origine tiré des données ERA5-Land du European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.
- Ressources naturelles Canada. (2024b). [Nuages de points lidar - Série CanÉlévation - Spécifications de produit](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/7069387e-9986-4297-9f55-0288e9676947/resource/5012b73f-2b7e-4a16-9128-150c8e523833). <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/7069387e-9986-4297-9f55-0288e9676947/resource/5012b73f-2b7e-4a16-9128-150c8e523833>.
- Ressources naturelles Canada. (2024c). [Nuages de points lidar - Série CanÉlévation](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/7069387e-9986-4297-9f55-0288e9676947) [ensemble de données]. Consulté le 19 février 2025. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/7069387e-9986-4297-9f55-0288e9676947>.
- Ressources naturelles Canada. (2025, 25 mars). [Réseaux hydrographiques](https://ressources-naturelles.canada.ca/science-donnees/donnee-analyse/donnees-outils-services-geospatiaux/reseaux-hydrographiques). <https://ressources-naturelles.canada.ca/science-donnees/donnee-analyse/donnees-outils-services-geospatiaux/reseaux-hydrographiques>.
- Rhoades, C. C., Nunes, J. P., Silins, U. et Doerr, S. H. (2019). [The influence of wildfire on water quality and watershed processes: New insights and remaining challenges](https://doi.org/10.1071/WFv28n10_FO). *International Journal of Wildland Fire*, 28(10), 721–725. https://doi.org/10.1071/WFv28n10_FO.
- Ribbe, L., Dekker, G. et Thapak, G. (2024). [Urban wetlands and water bodies](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85703-1.00007-9). Dans V. R. Shinde, R. R. Mishra, U. Bhonde et H. Vaidya (dir.), *Managing Urban Rivers* (p. 91-107). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85703-1.00007-9>.
- Ritchie, H., Samborska, V. et Roser, M. (2024). [Urbanization](https://ourworldindata.org/urbanization). In *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/urbanization>.
- Roman, L. A., Pearsall, H., Eisenman, T. S., Conway, T. M., Fahey, R. T., Landry, S., Vogt, J., Van Doorn, N. S., Grove, J. M., Locke, D. H., Bardekjian, A. C., Battles, J. J., Cadenasso, M. L., Konijnendijk van den Bosch, C. C., Avolio, M., Berland, A., Jenerette, G. D., Mincey, S. K., Pataki, D. E. et Staudhammer, C. (2018). [Human and biophysical legacies shape contemporary urban forests: A literature synthesis](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.03.004). *Urban Forestry & Urban Greening*, 31, 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.03.004>.
- Santé Canada. (2019). [Infographie : Que sont les particules fines \(PM_{2,5}\)?](https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/infographie-particules-fines.html) [infographie]. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/infographie-particules-fines.html>.
- Santé Canada. (2021a). [Les impacts sur la santé de la pollution de l'air au Canada : Estimation de la morbidité et des décès prématurés – rapport 2021](https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/impacts-sante-pollution-air-2021.html). <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/impacts-sante-pollution-air-2021.html>.
- Santé Canada. (2021b, April 14). [Particules fines](https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/qualite-air/contaminants-air-interieur/particules-fines.html). <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/qualite-air/contaminants-air-interieur/particules-fines.html>.
- Santé Canada. (2022a). [Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique liée à la circulation automobile au Canada](https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/impacts-sanitaires-pollution-atmospherique-liee-circulation-automobile.html). <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/impacts-sanitaires-pollution-atmospherique-liee-circulation-automobile.html>.
- Santé Canada. (2022b). [Recommandations pour comprendre et gérer les risques dans les eaux récréatives](https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-comprendre-gerer-risques-eaux-recreatives.html). <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-comprendre-gerer-risques-eaux-recreatives.html>.

- Schwarz, N., Moretti, M., Bugalho, M. N., Davies, Z. G., Haase, D., Hack, J., Hof, A., Melero, Y., Pett, T. J. et Knapp, S. (2017). [Understanding biodiversity-ecosystem service relationships in urban areas: A comprehensive literature review](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.08.014). *Ecosystem Services*, 27, 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.08.014>.
- Shuster, W. D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E. et Smith, D. R. (2005). [Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review](https://doi.org/10.1080/15730620500386529). *Urban Water Journal*, 2(4), 263–275. <https://doi.org/10.1080/15730620500386529>.
- Sikorski, P., Gawryszewska, B., Sikorska, D., Chormański, J., Schwerk, A., Jojczyk, A., Ciężkowski, W., Archiciński, P., Łepkowski, M., Dymitryszyn, I., Przybysz, A., Wińska-Krysiak, M., Zajdel, B., Matusiak, J., et Łaszkiewicz, E. (2021). [The value of doing nothing – How informal green spaces can provide comparable ecosystem services to cultivated urban parks](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101339). *Ecosystem Services*, 50, 101339. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101339>.
- Smith, A. C., Harrison, P. A., Pérez-Soba, M., Archaux, F., Blicharska, M., Egoh, B. N., Erös, T., Fabrega Domenech, N., György, Á. I., Haines-Young, R., Li, S., Lommelen, E., Meiresonne, L., Miguel Ayala, L., Mononen, L., Simpson, G., Stange, E., Turkelboom, F., Uiterwijk, M., Veerkamp, C.J. et Wyllie de Echeverria, V. (2017). [How natural capital delivers ecosystem services: A typology derived from a systematic review](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.006). *Ecosystem Services*, 26(A), 111–126. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.006>.
- Sousa-Silva, R., Smargiassi, A., Kneeshaw, D., Dupras, J., Zinszer, K., et Paquette, A. (2021). [Strong variations in urban allergenicity riskscapes due to poor knowledge of tree pollen allergenic potential](https://doi.org/10.1038/s41598-021-89353-7). *Scientific Reports*, 11, 10196. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89353-7>.
- Spotswood, E. N., Beller, E. E., Grossinger, R., Grenier, J. L., Heller, N. E. et Aronson, M. F. J. (2021). [The biological deserts fallacy: cities in their landscapes contribute more than we think to regional biodiversity](https://doi.org/10.1093/biosci/biaa155). *Bioscience*, 71(2), 148–160. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa155>.
- Stanke C., Murray V., Amlôt R., Nurse J. et Williams R. (2012). [The effects of flooding on mental health: Outcomes and recommendations from a review of the literature](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3461973/). *PloS Currents*, 4, e4f9f1fa9c3cae <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3461973/>.
- Statistique Canada. (s. d.-a). [Tableau 38-10-0163-01 Étendue et croissance des zones habitées contiguës](https://doi.org/10.25318/3810016301-fra) [tableau de données]. Consulté le 20 mars 2025. <https://doi.org/10.25318/3810016301-fra>.
- Statistique Canada. (s. d.-b). [Tableau 38-10-0158-01 Verdure urbaine et Indice de végétation par différence normalisée selon le centre de population de 2021](https://doi.org/10.25318/3810015801-fra) [tableau de données]. Consulté le 20 mars 2025. <https://doi.org/10.25318/3810015801-fra>.
- Statistique Canada. (s. d.-c). [Cohortes santé et environnement du recensement canadien \(CSERCan\)](https://www.statcan.gc.ca/fr/microdonnees/centres-donnees/donnees/csercan). <https://www.statcan.gc.ca/fr/microdonnees/centres-donnees/donnees/csercan>.
- Statistique Canada. (2017, 21 février). [Classification type des aires de drainage \(CTAD\) 2003](https://www.statcan.gc.ca/fr/sujets/norme/ctad/ctadinfo1). <https://www.statcan.gc.ca/fr/sujets/norme/ctad/ctadinfo1>.
- Statistique Canada. (2019, 3 janvier). [Relevés hydrologiques du Canada](https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-aperçu/volume/surveillance/relevés.html). <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-aperçu/volume/surveillance/relevés.html>.
- Statistique Canada. (2021, 9 septembre). [Introduction à la Classification écologique des terres \(CET\) 2017](https://www.statcan.gc.ca/fr/sujets/norme/environnement/cet/2017-1). <https://www.statcan.gc.ca/fr/sujets/norme/environnement/cet/2017-1>.
- Statistique Canada. (2022a). [Répartition de la population selon la taille des centres de population, recensements de 2016 et de 2021](https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/ref/dict/tab/index-fra.cfm?ID=t1_7) [tableau de données]. Consulté le 18 septembre 2024. https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/ref/dict/tab/index-fra.cfm?ID=t1_7.
- Statistique Canada. (2022b). [Tableau 98-10-0011-01 Chiffres de population et des logements : Canada et centres de population](https://doi.org/10.25318/9810001101-fra) [tableau de données]. Consulté le 31 janvier 2025. <https://doi.org/10.25318/9810001101-fra>.
- Statistique Canada. (2022c). [Comptabiliser les changements écosystémiques au Canada](https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/16-201-x2021001-fra.htm). (L'activité humaine et l'environnement 2021). <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/16-201-x2021001-fra.htm>.
- Statistique Canada. (2022d). [Tableau 32-10-0242-01 Vente directe de produits agricoles aux consommateurs, Recensement de l'agriculture, 2021](https://doi.org/10.25318/3210024201-fra) [tableau de données]. Consulté le 11 octobre 2024. <https://doi.org/10.25318/3210024201-fra>.
- Statistique Canada. (2022e, 15 février). [Enquête biennale sur les usines de traitement de l'eau potable](https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5149). https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5149.

- Statistique Canada. (2023a, 16 février). *Comptes des écosystèmes*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-509-x/2016001/1685-fra.htm>.
- Statistique Canada. (2023b, 21 juin). *Dictionnaire, Recensement de la population, 2021*. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/ref/dict/index-fra.cfm>.
- Statistique Canada. (2023c). *Zones habitées contiguës : empreintes de peuplement, 2010 et 2020* [ensemble de données]. Consulté le 25 février 2025. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/99464b99-92ef-462f-b67a-85cea6b986fc>.
- Statistique Canada. (2023d). *Recensement de 2021 - Fichiers des limites* [ensemble de données]. Consulté le 25 février 2025. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/geo/sip-pis/boundary-limités/index2021-fra.cfm?year=21>.
- Statistique Canada. (2023e). *Tableau 38-10-0025-01 Culture de fruits, de fines herbes, de légumes ou de fleurs à la maison* [tableau de données]. Consulté le 11 octobre 2024. <https://doi.org/10.25318/3810002501-fra>.
- Statistique Canada. (2023f). *Base de données des mesures de proximité, 2021* [ensemble de données]. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/17-26-0002/172600022023001-fra.htm>.
- Statistique Canada. (2023g). *Mesures spatiales de l'accès* [ensemble de données]. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/27-26-0001/272600012023001-fra.htm>.
- Statistique Canada. (2024a, 21 novembre). *Recensement de l'environnement : verdure urbaine, 2024*. *Le Quotidien*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/241121/dq241121c-fra.htm>.
- Statistique Canada. (2024b, 27 novembre). *Plan d'action sur les données désagrégées*. <https://www.statcan.gc.ca/fr/confiance/modernisation/donnees-desagregees>.
- Statistique Canada. (2025a). *Registre de la couverture terrestre : fichiers géospatiaux* [ensemble de données et guide]. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-510-x/16-510-x2025002-fra.htm>.
- Statistique Canada. (2025b). *Tableau 38-10-0015-01 Achats dans le but de nourrir ou d'abriter ou d'observer des oiseaux* [tableau de données]. Consulté le 27 juin 2025. <https://doi.org/10.25318/3810001501-fra>.
- Statistisches Bundesamt (Destatis). (2023). *Methode der Zustandsbilanzierung des Ökosysteme*. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/oekosystemgesamtrechnungen/Publikationen/Downloads/methode-zustandsbilanzierung-5853202239004.pdf?__blob=publicationFile.
- Steenberg, J. W., Ristow, M., Duinker, P. N., Lapointe-Elmrabti, L., MacDonald, J. D., Nowak, D. J., Pasher, J., Flemming, C. et Samson, C. (2023). *A national assessment of urban forest carbon storage and sequestration in Canada*. *Carbon Balance and Management*, 18, 11. <https://doi.org/10.1186/s13021-023-00230-4>.
- Stefanakis, A. I. (2019). *The role of constructed wetlands as green infrastructure for sustainable urban water management*. *Sustainability*, 11(24), 6981. <https://doi.org/10.3390/su11246981>.
- Stoltz, J. et Grahm, P. (2021). *Perceived sensory dimensions: An evidence-based approach to greenspace aesthetics*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 59, 126989. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126989>.
- Strange, E. M., Fausch, K. D. et Covich, A. P. (1999). *Sustaining ecosystem services in human-dominated watersheds: biohydrology and ecosystem processes in the South Platte River Basin*. *Environmental Management*, 24(1), 39–54. <https://doi.org/10.1007/s002679900213>.
- Sun, G., Li, Z., Zhang, A., Wang, X., Yan, K., Jia, X., Liu, Q. et Li, J. (2023). *A 10-m resolution impervious surface area map for the greater Mekong subregion from remote sensing images*. *Scientific Data*, 10(607), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02518-z>.
- Sun, W. et Chu, W. (2021). *Advanced treatment technologies for drinking water*. *AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 70(8), iii-iv. <https://doi.org/10.2166/aqua.2021.102>.
- Susca, T., Gaffin, S. R. et Dell'osso, G. R. (2011). *Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs*. *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2119–2126. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.007>.
- Tabacchi, E., Lambs, L., Guillo, H., Planty-Tabacchi, A., Muller, E. et Décamps, H. (2000). *Impacts of riparian vegetation on hydrological processes*. *Hydrological Processes*, 14(16-17), 2959–2976. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1099-1085%28200011%2F12%2914%3A16%2F17%3C2959%3A%3AAID-HYP129%3E3.0.CO%3B2-B?>

- Thompson, R., Tamayo, M. et Sigurðsson, S. (2022). [Urban bird diversity: does abundance and richness vary unexpectedly with green space attributes?](https://doi.org/10.1093/jue/juac017) *Journal of Urban Ecology*, 5(1). <https://doi.org/10.1093/jue/juac017>.
- Tian, Z., Zhao, H., Peter, K. T., Gonzalez, M., Wetzels, J., Wu, C., Hu, X., Prat, J., Mudrock, E., Hettinger, R., Cortina, A. E., Biswas, R. G., Kock, F. V. C., Soong, R., Jenne, A., Du, B., Hou, F., He, H., Lundeen, R., ... Kolodziej, E. P. (2021). [A ubiquitous tire rubber-derived chemical induces acute mortality in coho salmon](https://doi.org/10.1126/science.abd6951). *Science*, 371(6525), 185-189. <https://doi.org/10.1126/science.abd6951>.
- Trtanj, J., Jantarasami, L., Brunkard, J., Collier, T., Jacobs, J., Lipp, E., McLellan, S., Moore, S., Paerl, H., Ravenscroft, J., Sengco M., et Thurston, J. (2016). Climate Impacts on Water-Related Illness. Dans Crimmins, A., Balbus, J., Gamble, J.L., Beard, C.B., Bell, J.E., Dodgen, D., Eisen, R.J., Fann, N., Hawkins, M.D., Herring, S.C., Jantarasami, L., Mills, D.M., Saha, S., Sarofim, M.C., Trtanj, J., et Ziska, L. (dir.), *U.S. Global Change Research Program: The impacts of climate change on human health in the United States: A scientific assessment* (p. 157-188). U.S. Global Change Research Program. <https://health2016.globalchange.gov/downloads>.
- Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K. et de Vries, S. (2005). Benefits and Uses of Urban Forests and Trees. Dans C. C. Konijnendijk, K. Nilsson, T. B. Randrup et J. Schipperijn (dir.), *Urban forests and trees: A reference book* (p. 81-114). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-27684-X_5.
- Union internationale pour la conservation de la nature. (2023). [Les Index de nature urbaine de l'UICN : Cadre méthodologique et indicateurs clés](https://portals.iucn.org/library/node/51333). UICN and The Urban Biodiversity Hub. <https://portals.iucn.org/library/node/51333>.
- United Nations, European Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Monetary Fund, Organization for Economic Co-operation and Development, United Nations Environment Programme, & The World Bank. (2021). [System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting](https://seea.un.org/ecosystem-accounting). <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>.
- United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. (2024). [Metadata factsheet - headline indicator 12-1: Average share of the built-up area of cities that is green/blue space for public use for all](https://www.gbf-indicators.org/metadata/headline/12-1). <https://www.gbf-indicators.org/metadata/headline/12-1>.
- United States Department of Agriculture Forest Service. (2020). [Urban Forest Systems and Green Stormwater Infrastructure](https://www.fs.usda.gov/sites/default/files/fs_media/fs_document/Urban-Forest-Systems-GSI-FS-1146.pdf). https://www.fs.usda.gov/sites/default/files/fs_media/fs_document/Urban-Forest-Systems-GSI-FS-1146.pdf.
- van den Berg, A. E., Maas, J., Verheij, R. A. et Groenewegen, P. P. (2010). [Green space as a buffer between stressful life events and health](https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.01.002). *Social Science & Medicine*, 70(8), 1203-1210. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.01.002>.
- van den Berg, P., Weijs-Perrée, M., Dane, G., van Vliet, E., Liu, H., Sun, S. et Borgers, A. (2022). [A comparative study of urban park preferences in China and The Netherlands](https://doi.org/10.3390/ijerph19084632). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 4632. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084632>.
- Vander Ploeg, C. G. (2011, September). [Water pricing. Seizing a public policy dilemma by the horns](https://cwf.ca/wp-content/uploads/2015/11/CWF_WaterBackgrounder1_SEP2011.pdf). Canada West Foundation. https://cwf.ca/wp-content/uploads/2015/11/CWF_WaterBackgrounder1_SEP2011.pdf.
- Vella-Brodrick, D. A. et Gilowska, K. (2022). [Effects of nature \(greenspace\) on cognitive functioning in school children and adolescents: A systematic review](https://doi.org/10.1007/s10648-022-09658-5). *Educational Psychology Review*, 34, 1217-1254. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09658-5>.
- Ville de Montréal. (s. d.). [L'engagement de Montréal, Les villes unies et en action pour la biodiversité](https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/vdm_engagement-de-montreal_2022.pdf). https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/vdm_engagement-de-montreal_2022.pdf.
- Ville de Montréal. (2022). [Agriculture urbaine : sondage auprès de la population de l'île de Montréal](https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/vmtl-agriculture-urbaine-sondage) [ensemble de données]. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/vmtl-agriculture-urbaine-sondage>.
- Vincent, L. A., Zhang, X., Mekis, É., Wan, H. et Bush, E. J. (2018). [Changes in Canada's climate: Trends in indices based on daily temperature and precipitation data](https://doi.org/10.1080/07055900.2018.1514579). *Atmosphere-Ocean*, 56(5), 332-349. <https://doi.org/10.1080/07055900.2018.1514579>.
- Wenzel, A., Grass, I., Belavadi, V. V. et Tschardtke, T. (2020). [How urbanization is driving pollinator diversity and pollination – A systematic review](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108321). *Biological Conservation*, 241, 108321. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108321>.

- World Council on City Data. (s. d.). [WCCD ISO 37120 Series on City Data, 19 themes](https://www.dataforcities.org/wccd-iso-37120-series-on-city-data). <https://www.dataforcities.org/wccd-iso-37120-series-on-city-data>.
- Werner, P. (2011). [The ecology of urban areas and their functions for species diversity](https://doi.org/10.1007/s11355-011-0153-4). *Landscape and Ecological Engineering*, 7(2), 231–240. <https://doi.org/10.1007/s11355-011-0153-4>.
- Williams, C. H. S., Silins, U., Spencer, S. A., Wagner, M. J., Stone, M. et Emelko, M. B. (2019). [Net precipitation in burned and unburned subalpine forest stands after wildfire in the northern Rocky Mountains](https://doi.org/10.1071/WF18181). *International Journal of Wildland Fire*, 28(10), 750–760. <https://doi.org/10.1071/WF18181>.
- Winbourne, J. B., Jones, T. S., Garvey, S. M., Harrison, J. L., Wang, L., Li, D., Templer, P. H. et Hutyra, L. R. (2020). [Tree transpiration and urban temperatures: Current understanding, implications, and future research directions](https://doi.org/10.1093/biosci/biaa055). *BioScience*, 70(7), 576–588. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa055>.
- Wolff, M., Mascarenhas, A., Haase, A., Haase, D., Andersson, E., Borgström, S. T., Kronenberg, J., Łaszkiwicz, E. et Biernacka, M. (2022). [Conceptualizing multidimensional barriers: a framework for assessing constraints in realizing recreational benefits of urban green spaces](https://doi.org/10.5751/ES-13180-270217). *Ecology and Society*, 27(2), 17. <https://doi.org/10.5751/ES-13180-270217>.
- World Health Organization. (2021). [WHO global air quality guidelines. Particulate matter \(PM_{2.5} and PM₁₀\), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide](https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228). <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>.
- Yang, L., Yang, Y., Shen, Y., Yang, J., Zheng, G., Smith, J. et D. Niyogi. (2024). [Urban development pattern's influence on extreme rainfall occurrences](https://doi.org/10.1038/s41467-024-48533-5). *Nature Communications*, 15, 3997. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-48533-5>.
- Zhang, X., Flato, G., Kirchmeier-Young, M., Vincent, L., Wan, H., Wang, X., Rong, R., Fyfe, J., Li, G. et Kharin, V. V. (2019). [Les changements de température et de précipitations pour le Canada](https://changingclimate.ca/site/assets/uploads/sites/2/2019/01/RCCC_Chapitre4-Les-changements-de-tempe%CC%81rature-et-de-depre%CC%81cipitations-au-Canada.pdf). Dans E. Bush et D.S. Lemmen (dir.), Rapport sur le climat changeant du Canada (p. 113–193). Gouvernement du Canada. https://changingclimate.ca/site/assets/uploads/sites/2/2019/01/RCCC_Chapitre4-Les-changements-de-tempe%CC%81rature-et-de-depre%CC%81cipitations-au-Canada.pdf.
- Zhang, Y., Thierry, H., Cornejo, L., Parrott, L., Poulin, M., Sherren, K., Van Proosdij, D. et Robinson, B. (2025). [Servicesheds connect people to the landscapes upon which they depend](https://doi.org/10.1002/pan3.10762). *People and Nature*, 7, 112–126. <https://doi.org/10.1002/pan3.10762>.
- Ziter, C. (2016). [The biodiversity–ecosystem service relationship in urban areas: a quantitative review](https://doi.org/10.1111/oik.02883). *Oikos*, 125(6), 761–768. <https://doi.org/10.1111/oik.02883>.
- Zulian, G., Marando, F., Vogt, P., Barbero Vignola, G., Babí Almenar, J., Zurbaran, M. N. et Princé, K. (2022). [BiodiverCities: A roadmap to enhance the biodiversity and green infrastructure of European cities by 2030: second report](https://doi.org/10.2760/21172). Office des publications de l'Union européenne. <https://doi.org/10.2760/21172>.
- Zupancic, T., Westmacott, C. et Bulthuis, M. (2015). [The impact of green space on heat and air pollution in urban communities: A meta-narrative systematic review](https://davidssuzuki.org/science-learning-centre-article/impact-green-space-heat-air-pollution-urban-communities/). David Suzuki Foundation. <https://davidssuzuki.org/science-learning-centre-article/impact-green-space-heat-air-pollution-urban-communities/>.