

N° 18-001-X au catalogue  
ISBN 978-0-660-72521-5

## Rapports sur les projets spéciaux sur les entreprises

# Mesures spatiales de l'accessibilité en transport actif et en transport en commun : méthodologie et résultats clés

par Nick Newstead, Kaitlyn Hobbs, Cal Giunta et Sheldon Birkett

Date de diffusion : le 20 novembre 2024



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](http://www.statcan.gc.ca).

Vous pouvez également communiquer avec nous par :

**Courriel** à [infostats@statcan.gc.ca](mailto: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](http://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 le ministre responsable de Statistique Canada

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Industrie, 2024

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

<b>Remerciements</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Sommaire</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Introduction</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Source de données et dépendances</b> .....	<b>8</b>
3.1 Sources des données pour les masses de destination .....	8
3.1.1 Registre des entreprises (RE) .....	8
3.1.2 Environnement de couplage de données ouvertes (ECDO) .....	8
3.1.3 OpenStreetMap (OSM) .....	9
3.2 Sources des données d'itinéraires.....	9
3.2.1 Données sur le transport en commun : General Transit Feed Specifications (GTFS) .....	9
3.2.2 Données sur le réseau routier.....	9
3.2.3 Établissement des données d'empreintes d'immeubles.....	10
<b>4 Méthodologie : préparation à l'acquisition des données</b> .....	<b>12</b>
4.1 Points d'origine et de destination .....	12
4.2 Collecte de données GTFS.....	14
4.3 Calcul du temps de trajet.....	16
4.3.1 Itinéraire par transport en commun .....	18
4.3.2 Itinéraires par transport actif.....	18
4.4 Définition des régions de transport.....	19
4.5 Mesure de présence et de masses de destination .....	20
<b>5 Modélisation</b> .....	<b>21</b>
5.1 Modèle primaire (gravitationnel).....	21
5.2 Modèle double .....	23
5.3 Hypothèses.....	23
<b>6 Résultats clés : population ayant un accès spatial</b> .....	<b>24</b>
6.1 Faits saillants à l'échelle canadienne .....	24
6.2 Faits saillants pour les provinces et les territoires .....	25
6.3 Exemples illustratifs d'analyses au niveau local .....	26
<b>7 Discussion et limites</b> .....	<b>29</b>
<b>Annexe A</b> .....	<b>31</b>
<b>Références</b> .....	<b>32</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1	Durée médiane des trajets selon le type de destination en minutes.....	22
Tableau 2	Accès spatial à certaines commodités par transport actif et transport en commun au Canada .....	25
Tableau 3	Paramètres d'établissement des coûts utilisés pour les itinéraires à vélo de Valhalla.....	31
Tableau 4	Paramètres d'établissement des coûts utilisés pour les itinéraires à pied de Valhalla .....	31

## Liste des figures

Figure 1	Données sur l'empreinte des immeubles de la Base de données ouvertes sur les immeubles (verte), d'OSM (bleue) et de Microsoft (rouge).....	12
Figure 2	Centroïdes des empreintes d'immeubles d'un îlot de diffusion particulier.....	13
Figure 3	Centroïde d'empreinte présentant la plus faible distance moyenne par rapport à tous les autres centroïdes d'immeuble.....	14
Graphique 1	Pourcentage de la population urbaine vivant dans des îlots de diffusion situés à moins de 1 km d'un arrêt de transport en commun, par province et territoire .	15
Figure 4	Exemple de temps de trajet (en minutes) d'un centroïde d'un îlot de diffusion d'origine (point rouge) à tous les centroïdes d'îlots de diffusion au sein d'un seuil de temps de trajet de 90 minutes, dans la région d'Ottawa–Gatineau .....	17
Figure 5	Courbes de décroissance par paramètres lambda pour le transport en vélo et le transport en commun.....	22
Figure 6-a	Accès aux établissements de soins de santé par transport en commun en période de pointe à Calgary .....	27
Figure 6-b	Accès aux établissements d'enseignement par transport en commun en période de pointe à Québec .....	28
Figure 7	Carte de la région de transport en commun (c.-à-d. intersection de zones de délimitation d'arrêts GTFS) à l'échelle du Canada.....	30

## Remerciements

Nous tenons à remercier Mobilizing Justice pour son aide au cours de ce processus de consultation ainsi que pour son travail en cours visant à atténuer les obstacles au transport dans l'ensemble du Canada.

# Mesures spatiales de l'accessibilité en transport actif et en transport en commun : méthodologie et résultats clés

par Nick Newstead, Kaitlyn Hobbs, Cal Giunta et Sheldon Birkett

## 1 Sommaire

Le présent rapport fournit des détails méthodologiques et les résultats des mesures spatiales d'accès produites par le Laboratoire d'exploration et d'intégration des données, du Centre des projets spéciaux sur les entreprises, en partenariat avec Logement, Infrastructures et Collectivités Canada (anciennement Infrastructure Canada). Au total, 28 mesures ont été produites pour 7 destinations et 3 modes de transport. Les destinations comprennent les lieux d'emplois, les établissements de soins de santé, les établissements d'enseignement publics de la maternelle à la 12e année, les établissements publics d'enseignement postsecondaire, les épiceries, les installations sportives et récréatives, et les installations culturelles et artistiques. Pour chacune de ces catégories, quatre variantes sont fondées sur le mode de transport : l'accès en transport en commun pendant les heures de pointe, l'accès en transport en commun en dehors des heures de pointe, l'accès à vélo et l'accès à pied. Cela a donné quatre bases de données : une pour chaque variante du mode de transport, qui comprennent 16 variables et consignées au niveau de l'îlot de diffusion pour l'ensemble du Canada.

Les principaux faits saillants sur la méthodologie peuvent être résumés comme suit.

- Les données ont été recueillies auprès de diverses sources de données ouvertes ainsi que dans les fonds de données de Statistique Canada.
- Des points représentatifs des îlots de diffusion ont été déterminés à l'aide de la densité des immeubles.
- Les moteurs d'itinéraires r5r et Valhalla ont été utilisés pour déterminer la durée des déplacements entre les points représentatifs des îlots de diffusion par transport en commun et actif, respectivement.
- Les données GTFS (spécification générale pour les flux relatifs aux transports en commun ou General Transit Feed Specification) ont été compilées en examinant tous les portails de données ouvertes municipaux et régionaux de toutes les subdivisions de recensement (SDR). Selon les données GTFS recueillies, environ 72,4 % de la population canadienne vit dans un îlot de diffusion comprenant au moins un arrêt de transport en commun.
- Au total, 54 régions de transport en commun ont été générées aux fins d'analyse de l'accès dans les régions où des données GTFS sont librement accessibles. Chaque région de transport en commun est une compilation de sources GTFS regroupées en fonction de l'hypothèse selon laquelle l'intersection de zones de délimitation des arrêts de transport en commun des sources permet aux navetteurs d'accéder à différents fournisseurs de transport en commun.
- Un modèle gravitationnel, semblable à celui utilisé dans la Base de données des mesures de proximité, a servi à quantifier l'accessibilité à toutes les commodités, à l'exception des épiceries pour lesquelles une double mesure a été utilisée.

Voici les principaux faits saillants des résultats en matière d'accès au transport en commun pendant les heures de pointe et en dehors des heures de pointe :

- environ 63 % et 62 % de la population canadienne a accès à une épicerie pendant les heures de pointe et les heures creuses, respectivement;
- 76 % de la population canadienne a accès à des lieux d'emploi;
- 65 % de la population canadienne a accès à des installations culturelles et artistiques;
- 75 % de la population canadienne a accès à des établissements de soins de santé; 69 % de la population canadienne a accès à des établissements d'enseignement;
- 68 % de la population canadienne a accès à des installations sportives et récréatives en transport en commun en période de pointe et 69 % en dehors des heures de pointe.

Voici les principaux faits saillants des résultats en matière d'accès à vélo :

- environ 80 % de la population canadienne a accès à une épicerie en 15 minutes;
- environ 96 % de la population canadienne a accès à des lieux d'emploi;
- environ 85 % de la population canadienne a accès à des installations culturelles et artistiques;
- environ 93 % de la population canadienne a accès à des établissements de soins de santé;
- environ 90 % de la population canadienne a accès à des établissements d'enseignement;
- environ 89 % de la population canadienne a accès à des installations sportives et récréatives.

Voici les principaux faits saillants des résultats en matière d'accès à pied :

- environ 71 % de la population canadienne a accès à une épicerie en 15 minutes;
- environ 95 % de la population canadienne a accès à des lieux d'emploi;
- environ 90 % de la population canadienne a accès à des établissements de soins de santé;
- environ 60 % de la population canadienne a accès à des installations culturelles et artistiques;
- environ 83 % de la population canadienne a accès à des établissements d'enseignement;
- environ 80 % de la population canadienne a accès à des installations sportives et récréatives.

## 2 Introduction

En 2021, le gouvernement fédéral a annoncé un investissement de 5,9 milliards de dollars pour faire progresser le transport en commun et actif au cours des cinq prochaines années, qui sera suivi d'une enveloppe annuelle permanente de 3 milliards de dollars à compter de 2026-2027<sup>1</sup>. Pour mieux comprendre l'accès potentiel aux services et aux commodités dans l'ensemble du Canada par transport en commun et actif, le présent rapport décrit en détail les mesures de l'accessibilité à divers services et commodités par transport en commun au niveau des limites géographiques de l'îlot de diffusion du recensement (ID), par autobus, train, métro, autobus maritimes, trains légers sur rail et services de tramways exploités selon un horaire fixe. Ces mesures peuvent appuyer la création d'infrastructures de transport en commun plus durables et résilientes dans l'ensemble du Canada. L'ensemble de mesures proposé peut, par exemple, permettre aux décideurs d'évaluer les tendances spatiales et les disparités socioéconomiques en matière d'accès potentiel. De plus, la mise à jour périodique de ces mesures permettra de savoir si l'accès à un service ou à une commodité s'est amélioré ou détérioré au cours d'une échelle de temps donnée.

Des efforts de recherche antérieurs ont permis d'évaluer et de comparer la pauvreté en transport entre diverses grandes villes du Canada. Dans le cadre d'une étude sur les quartiers à faible statut socioéconomique des huit plus grandes villes du Canada, on a constaté qu'environ 5 % de la population vivait dans des ménages à faible revenu situés également dans des régions où l'accès aux transports en commun était limité (Allen et coll. 2019). S'appuyant sur ces initiatives, la présente étude vise à réaliser une analyse pancanadienne et une normalisation nationale des mesures d'accès par transport actif et transport en commun.

Le présent rapport améliore la méthodologie de la Base de données des mesures de proximité (BDMP) de Statistique Canada en quantifiant l'accès aux commodités et aux services par les réseaux de transport en commun et actif. Au total, sept mesures de l'accès par transport en commun ont été produites : 1) l'accès aux emplois, 2) l'accès aux établissements de soins de santé, 3) l'accès aux établissements d'enseignement publics de la maternelle à la 12<sup>e</sup> année, 4) l'accès aux établissements publics d'enseignement postsecondaire, 5) l'accès aux épiceries, 6) l'accès aux installations sportives et récréatives et 7) l'accès aux installations culturelles et artistiques. La définition des paramètres à l'échelle des îlots de diffusion permet l'agrégation la plus microscopique des limites du recensement des indicateurs d'accès; ce qui permet des comparaisons au niveau des îlots et des quartiers dans l'ensemble du Canada. De plus, une mesure normalisée de l'accès à l'échelle nationale permet des comparaisons exactes entre les différentes régions.

1. Voir : [Le Fonds pour le transport actif - Guide du demandeur](#).

Mesurer ainsi l'accès aux services n'est pas sans précédent; de nombreux projets semblables étant entrepris à plus petite échelle, comme une ville ou une municipalité. Plusieurs études de cas universitaires et projets pilotes ont tenté de modéliser l'accès à l'aide du transport actif et du transport en commun. Pour créer des mesures adaptées à ce type d'analyse, ainsi que pour assurer la meilleure comparabilité rétrospective possible, un groupe d'experts chez Mobilizing Justice<sup>2</sup> a été consulté, afin de recueillir des commentaires sur les pratiques exemplaires et les enjeux communs.

Le reste du présent rapport décrit en détail le contexte des mesures spatiales d'accessibilité, des sources de données et des dépendances, ainsi que de la méthodologie (de l'acquisition des données au calcul de modèle), et présente des faits saillants sur les résultats clés. Plus précisément, la section 5 donne un aperçu de l'approche de modélisation visant à mesurer l'accès aux commodités et aux services par transport en commun. La section 3 explique les dépendances des données nécessaires pour produire les mesures. La section 4 décrit la méthodologie appliquée pour acquérir les données appropriées et calculer les mesures spatiales d'accessibilité. La section 6 présente en détail les résultats et fournit des statistiques récapitulatives des mesures, tandis que la section 7 aborde les limites compte tenu des données et des hypothèses appliquées à la présente étude.

### 3 Source de données et dépendances

En résumé, les données suivantes sont nécessaires pour calculer les mesures de l'accès par transport en commun : 1) les itinéraires, les horaires et les arrêts de transport en commun formatés selon les spécifications GTFS (spécification générale pour les flux relatifs aux transports en commun) et 2) les réseaux routiers pour le calcul de la durée; 3) les emplacements des points d'origine et de destination (latitude et longitude); 4) le nombre de commodités, les revenus ou le nombre d'employés des services liés aux emplacements de destination. Cette section décrit en détail les données exploitées ou exclues pour répondre à la portée du projet.

#### 3.1 Sources des données pour les masses de destination

Pour mesurer la masse des commodités dans chaque îlot de diffusion (ou  $m_j$ ), on a utilisé des données ouvertes et des données administratives de Statistique Canada.

##### 3.1.1 Registre des entreprises (RE)

Le Registre des entreprises (RE) de Statistique Canada a été utilisé pour calculer les masses d'accès aux lieux d'emploi, aux établissements de soins de santé et aux épiceries. Il s'agit d'un dépôt central continuellement tenu à jour des entreprises et d'établissements institutionnels actifs au Canada. Pour ce projet, les enregistrements de 2021 du RE ont été utilisés. Même si les données en matière d'emploi et d'autres variables figurant dans le RE ne sont pas aussi précises et actuelles que celles provenant de programmes particuliers d'enquête sur la population active, le principal avantage du RE est sa couverture nationale exhaustive. Peu d'autres sources de renseignements sur les entreprises présentent cette caractéristique. Des détails sur les données tirées du RE sont fournis à la section 4.5.

Les codes du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) utilisés sont les suivants :

- établissements de santé : 6211 (Cabinets de médecin), 6212 (Cabinets de dentiste), 6213 (Cabinets d'autres prestataires de services de santé), 621494 (Centres communautaires de soins de santé) et 622 (Hôpitaux);
- épiceries : 445110 Supermarchés et autres épiceries (sauf les dépanneurs).

##### 3.1.2 Environnement de couplage de données ouvertes (ECDO)

L'Environnement de couplage de données ouvertes (ECDO)<sup>3</sup> de Statistique Canada, et plus particulièrement la Base de données ouvertes sur les établissements d'enseignement (BDOEE), la Base de données ouvertes sur les installations culturelles et artistiques (BDOICA) et la Base de données ouvertes sur les établissements de soins de santé (BDOESS), ont été utilisés pour calculer l'accès par transport en commun aux établissements d'enseignement de la maternelle à la 12e année, aux établissements postsecondaires publics et aux installations

2. Voir : [Mobilizing Justice](#).

3. Voir : [L'Environnement de couplage de données ouvertes](#).

culturelles et artistiques. Les bases de données de l'ECDO sont compilées à partir de sources de données ouvertes et publiques et, dans le cas de ces deux bases de données, elles sont toutes géoréférencées par la longitude et le point de latitude de chaque installation. Recueillie en 2020, la BDOICA contient près de 8 000 enregistrements d'installations culturelles ou artistiques<sup>4</sup>. De plus, la version 2 de la BDOEE a été considérablement corrigée pour tenir compte de la répartition entre les établissements publics de la maternelle à la 12<sup>e</sup> année et les établissements d'enseignement postsecondaire publics pour deux mesures distinctes de l'accès. Recueillie entre 2019 et 2021, la BDOEE contient plus de 18 500 enregistrements d'établissements d'enseignement<sup>5</sup>. De plus amples détails sur ces deux mesures sont fournis à la section 4.5 sur la méthodologie. La BDOES a été utilisée pour compléter les données sur les soins de santé du RE.

### 3.1.3 OpenStreetMap (OSM)

Afin d'assurer une couverture nationale complète qui n'est pas encore atteinte par la Base de données ouvertes sur les installations sportives et récréatives, des données d'OpenStreetMap (OSM) ont été préparées pour calculer l'accès à ces installations. OSM fournit des données géoréférencées par approche participative. À l'instar de Google Maps, OSM est une plateforme offrant une carte du monde; toutefois, ses données proviennent d'un groupe d'utilisateurs internationaux et sont librement accessibles au moyen d'une licence de base de données ouverte (ODbL)<sup>6</sup>. Afin de définir un sous-ensemble de données d'OSM à utiliser, on a déterminé des valeurs clés et les balises connexes représentant les installations sportives et récréatives. Deux clés OSM ont été utilisées, « loisirs » et « commodité », parmi lesquelles plusieurs balises ont été sélectionnées. Le tableau (en annexe) présente les balises particulières sélectionnées pour chaque clé. Un extrait de toutes les données OSM au Canada accompagnées d'une clé « commodité » ou « loisir » a été téléchargé de GeoFabrik<sup>9</sup> le 20 octobre 2022. À partir de cet extrait, toutes les fonctions comportant une des références des installations sportives et récréatives ont été conservées pour calculer les mesures d'accès.

## 3.2 Sources des données d'itinéraires

### 3.2.1 Données sur le transport en commun : General Transit Feed Specifications (GTFS)

Des données sur le transport en commun structurées selon le format GTFS (spécification générale pour les flux relatifs aux transports en commun) sont nécessaires pour calculer la durée entre l'origine et la destination (ou  $d_{ij}$ ) des mesures d'accès par transport en commun. GTFS est une norme de transport en commun largement utilisée qui a rendu des milliers de réseaux de transport en commun municipaux et régionaux interopérables sur des plateformes comme Google Maps, ce qui permet aux utilisateurs de naviguer plus facilement et de planifier leurs déplacements en transport en commun. Malgré l'existence de sources de données sur le transport en commun en temps réel et statiques, seules les sources GTFS statiques ont été utilisées pour la présente étude, compte tenu de leur simplicité et de leur plus grande disponibilité parmi les fournisseurs de données au moyen de portails de données ouvertes. Un fichier statique est composé d'un dossier compressé contenant des fichiers lisibles par machine (.txt), y compris les arrêts, l'organisme, le calendrier, les directions et plusieurs autres fichiers facultatifs<sup>7</sup>. Des détails sur la couverture appliquée à ce projet sont fournis dans les sections suivantes.

### 3.2.2 Données sur le réseau routier

Outre les sources GTFS, des données sur le réseau routier sont nécessaires pour les itinéraires; la présente analyse utilise le réseau routier d'OSM. La documentation existante a démontré que la qualité du réseau routier d'OSM au Canada était fiable par rapport aux solutions exclusives, après évaluation de l'exhaustivité, de l'exactitude des positions, des attributs, de l'exactitude sémantique et de la lignée de sources exclusives par rapport aux sources par approche participative (Zhang et Malczewski, 2018). Par conséquent, la qualité de l'utilisation du réseau routier d'OSM a été jugée suffisante pour ce projet. Un extrait de toutes les données OSM au Canada a été téléchargé de GeoFabrik<sup>9</sup> le 27 août 2022 aux fins d'examen des fréquences des balises au Canada.

4. Centre des arts ou de culture, artiste, site de festival, galerie, site patrimonial ou historique, bibliothèque ou archive, musée, théâtre/salle de spectacle et salle de concert.

5. Services d'éducation de la petite enfance, maternelle, établissements primaires, secondaires et postsecondaires.

6. Voir : [Accuracy Evaluation of the Canadian OpenStreetMap Road Networks](#).

7. Pour de plus amples détails sur ces spécifications, voir : [Google Transit GTFS Schedule Reference and Differences](#).

8. Voir : [Geofabrik Canada](#).

### 3.2.2.1 Données du réseau routier pour le transport actif

Pour évaluer la couverture des données relatives au cyclisme au Canada, on a évalué les balises d'OSM liées aux voies pour cyclistes, pistes cyclables et bicyclettes spécifiquement utilisées par Valhalla<sup>9</sup> pour les itinéraires. Les données brutes d'OSM ont été extraites de Geofabrik et les caractéristiques ont été résumées statistiquement. Les balises de « highway » (autoroutes) cyclables les plus courantes dans le fichier du réseau OSM, utilisées par Valhalla, étaient « service » (de service), « residential » (résidentielles), « unclassified » (non classifiées), « track » (pistes), « path » (voies), « tertiary » (tertiaires), « secondary » (secondaires), « primary » (primaires), « cycleway » (pistes cyclables) et « trunk » (principales).

Les balises « cycleway » (pistes cyclables) les plus courantes sont « lane » (voie), « crossing » (croisement), « shared\_lane » (voie partagée), « no » (non), « shared » (partagée), « track » (piste), « shoulder » (accotement), « separate » (séparée), « share\_busway » (voie de bus partagée) et « oui ». Les erreurs relatives aux balises liées à l'approche participative et à la saisie manuelle sont évidentes dans le cas de balises non conventionnelles comme « l » et « 1 ». Toutefois, elles sont minimales et sont exclues par Valhalla. De plus, les balises ne sont pas omniprésentes d'une province à l'autre.

La généreuse inclusion de Valhalla dans les caractéristiques routières d'OSM permet d'obtenir des données sur le cyclisme ayant une couverture nationale étendue, environ 99,8 % de la population canadienne résidant dans des îlots de diffusion recoupant des caractéristiques d'un réseau OSM<sup>10</sup>. De même, les balises d'OSM liées aux déplacements à pied utilisées par Valhalla pour les itinéraires (highway [autoroute], foot [pied], pedestrian [piéton]) ont été évaluées à l'aide de données OSM binaires tampon de protocole extraites de Geofabrik<sup>4</sup>. Toutes les caractéristiques routières qui sont désignées comme pouvant être traversées par des cyclistes ou des piétons, c'est-à-dire les routes où le vélo ou la marche sont interdits, ont été incluses dans les mesures d'accès spatial pour cyclistes et piétons.

La balise la plus fréquente observée dans les caractéristiques d'OSM au Canada était « highway=service », principalement en Ontario et au Québec. Il convient de noter que les caractéristiques de longueur plus courte devraient apparaître plus fréquemment; par exemple, « highway=tertiary » représente les routes reliant les rues mineures aux rues principales et devraient être plus courtes que « highway=path », représentant une caractéristique générique non motorisée. La longueur plus courte peut expliquer pourquoi les balises tertiaires sont plus fréquentes au Québec que les caractéristiques de sentiers<sup>11</sup>.

De même que pour les balises d'autoroutes cyclables, l'Ontario et l'Alberta représentaient la plus grande proportion de l'infrastructure de marche d'OSM sur le plan de la longueur, suivies du Québec. Encore une fois, les territoires représentaient la plus faible part des caractéristiques de marche d'OSM; chacun représentant moins de 1 % de la longueur totale des caractéristiques. La Colombie-Britannique et la Saskatchewan représentaient environ 14 % de la longueur totale des infrastructures du Canada, tandis que les provinces maritimes représentaient de 0,5 à 3,5 %.

### 3.2.3 Établissement des données d'empreintes d'immeubles

Afin de créer des points d'origine et de destination pour les mesures d'accès par transport en commun, à vélo et à pied, on a créé un ensemble complet de polygones d'immeubles à partir des meilleures sources possibles. Pour ce faire, trois sources de données ont été utilisées. Ces sources de données ont été combinées à l'aide de la hiérarchie suivante pour créer les meilleures représentations possibles des immeubles au Canada.

9. Voir : <https://github.com/valhalla/valhalla>.

10. En raison de la grande inclusivité des balises routières, une surreprésentation de pistes cyclables dangereuses ou non recommandées est possible. Par exemple, les voies principales (« trunk », routes « importantes » non classées comme des autoroutes) et les autoroutes sont présentes de manière substantielle au Canada (figure 5). On peut s'attendre à ce que les itinéraires par ces voies soient atténués par leurs coûts; les analyses actuelles de la sensibilité du modèle d'établissement des coûts suggèrent que les types de routes sur lesquels les itinéraires sont fondés peuvent être biaisés vers ceux qui sont les plus sécuritaires en ajustant la pénalité d'utilisation de route à 0. Cela dit, d'autres enquêtes sont en cours pour déterminer un seuil de coût efficace.

11. Comme il a été mentionné à propos des balises relatives au cyclisme, une inclusion généreuse des balises routières peut surreprésenter des sentiers piétonniers dangereux ou non recommandés. Par contre, la balise « pedestrian » (piétonnier), qui désigne une route principalement ou entièrement destinée aux piétons et où un nombre limité de véhicules motorisés peuvent être autorisés, est rarement représentée entre les provinces et les territoires et est absente du Nunavut et de l'Île-du-Prince-Édouard. De plus, comme OSM est une base de données par approche participative, le balisage de caractéristiques peut ne pas toujours respecter les définitions établies par la page wiki d'OSM. Il est à prévoir que les préférences en matière d'itinéraire seraient atténuées par l'établissement des coûts; toutefois, l'exclusion de types de routes dangereuses ou non recommandées pour la marche est indéterminée pour ce projet.

### 3.2.3.1 Base de données ouvertes sur les immeubles (BDOI)

La première source est la Base de données ouvertes sur les immeubles, qui comprend des données provenant de sources municipales, régionales et provinciales accessibles au grand public au moyen de portails de gouvernement ouverts à l'aide de licences de données ouvertes. Les attributs provenant de ces sources varient d'un fournisseur à l'autre et les attributs communs sont harmonisés dans le produit final. Comme il s'agit de données administratives générées par les municipalités, la qualité des données est généralement jugée élevée.

La deuxième source est OpenStreetMap (OSM), ensemble de données constitué de données provenant de diverses sources compilées au moyen du formatage OSM. Les attributs varient grandement, car bon nombre d'entre eux sont générés par les utilisateurs. La qualité polygonale varie d'une région à l'autre. Il s'agit d'un sous-produit de la nature de la génération par les utilisateurs des données.

La troisième source est Microsoft (MS). En utilisant l'apprentissage automatique et la vision informatique, ainsi que la BDOI comme ensemble de données d'entraînement, Microsoft a utilisé sa collection d'images satellites pour créer un vaste ensemble de données d'empreintes d'immeubles dans les 13 provinces et territoires<sup>12</sup>. En raison de la nature automatisée du processus de création, la qualité des données et la présence de faux positifs et négatifs sont difficiles à quantifier.

Un aperçu illustrant les empreintes des trois sources de données est présenté à la Figure 1. Une approche semblable à celle indiquée dans notre GitHub a été utilisée<sup>13</sup>. Autrement dit, toutes les caractéristiques autonomes (ne recoupant aucune autre caractéristique) de chacune des trois sources sont conservées. De plus, les caractéristiques de la BDOI recoupant celles d'OSM ou de MS sont conservées, tout comme les caractéristiques d'OSM recoupant les caractéristiques de MS.

---

12. Voir : [Microsoft - Empreintes des immeubles](#).

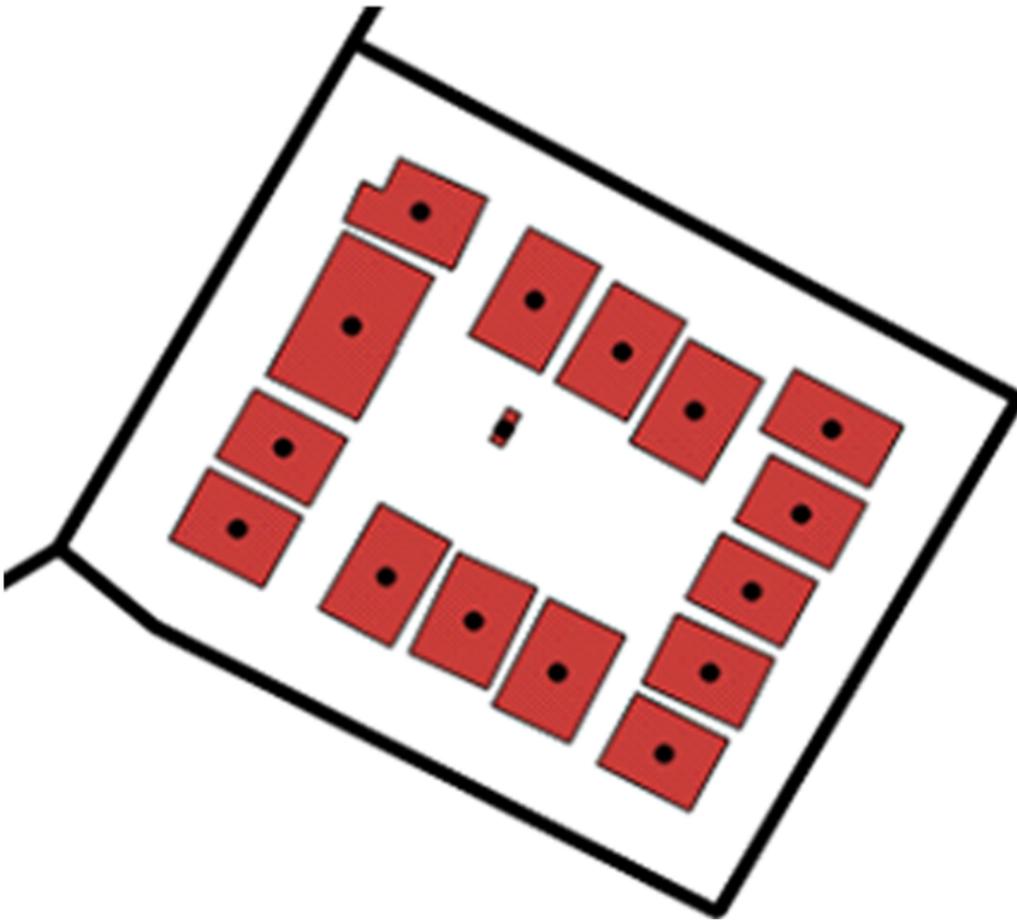
13. Voir : [CPSE-CSBP - Base de données intégrée des empreintes d'immeubles](#).



ou les limites de régions géographiques normalisées. Les îlots de diffusion couvrent tout le territoire du Canada et constituent la plus petite région géographique pour laquelle les chiffres de population et des logements sont diffusés (Statistique Canada, 2017b)

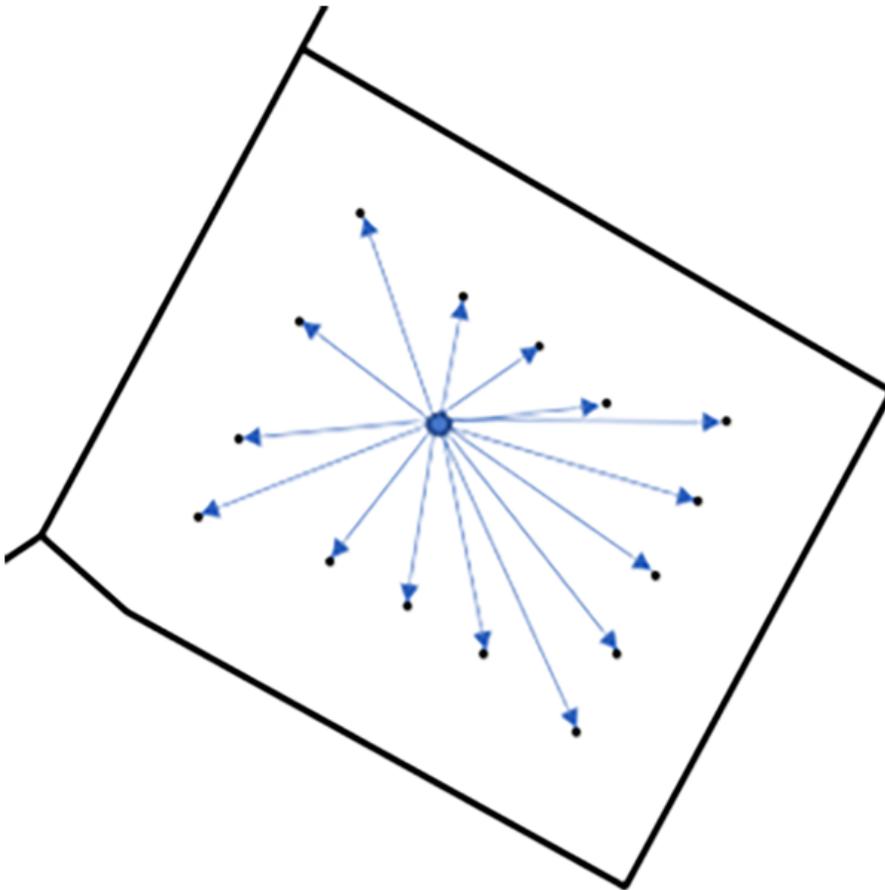
Les points représentatifs pour chaque îlot de diffusion sont déterminés par le processus suivant. En premier lieu, les centroïdes de chaque bâtiment dans l'îlot de diffusion sont déterminés. Ensuite, la distance entre chaque paire de centroïdes d'immeuble est calculée. Enfin, le centroïde d'immeuble ayant la distance moyenne la plus faible (c.-à-d. le bâtiment situé le plus près de tous les autres bâtiments de l'îlot de diffusion) est sélectionné comme point représentatif de cet îlot (Figure 3).

**Figure 2**  
**Centroïdes des empreintes d'immeubles d'un îlot de diffusion particulier**



Source : Base de données ouvertes sur les immeubles.

**Figure 3**  
**Centroïde d'empreinte présentant la plus faible distance moyenne par rapport à tous les autres centroïdes d'immeuble**



Source : Base de données ouvertes sur les immeubles.

## 4.2 Collecte de données GTFS

Aux fins de la présente analyse, le transport en commun désigne des réseaux de transport à itinéraires fixes et horaires réguliers mis à la disposition du grand public. Cela signifie que les services sur demande, habituellement pour les utilisateurs ayant des besoins de mesure d'adaptation particulière (p. ex. transport adapté, autobus scolaires) ou dans les petites collectivités, ont été exclus des mesures. De plus, les grands services interurbains ont été exclus en raison de leur prix et qu'ils nécessitent une réservation préalable. Dans ces conditions, les modes de transport suivants ont été considérés comme des modes de transport en commun : autobus, trains de banlieue, métros<sup>14</sup>, autobus maritimes, trains légers sur rail et des services de tramway.

La couverture nationale des données GTFS a été compilée en sondant toutes les sources GTFS librement accessibles dans les 5 161 subdivisions de recensement (SDR) au Canada en 2021. Les SDR qui ne disposaient pas de site Web ou de portail de données facilement accessibles pour naviguer et télécharger les données GTFS ont été examinées dans Google Maps. Si des itinéraires de transport en commun étaient fournis pour la SDR par l'interface de carte de Google, on a supposé que des données GTFS hébergées à l'interne pouvaient exister. Par conséquent, les fournisseurs de données de ces SDR ont été contactés directement par courriel, demandant l'accès à leurs sources statiques, si elles étaient disponibles. Parmi les 42 fournisseurs de données contactés, 16 ont été en mesure de fournir des données GTFS. Pour vérifier et compléter la couverture obtenue par la recherche

14. Cela comprend le SkyTrain.

dans les SDR, des portails de données non gouvernementaux, Transitland et OpenMobilityData<sup>15</sup> (anciennement TransitFeeds), ainsi qu'une liste officielle des exploitants de services de transport en commun au Canada ont été explorés<sup>16</sup>.

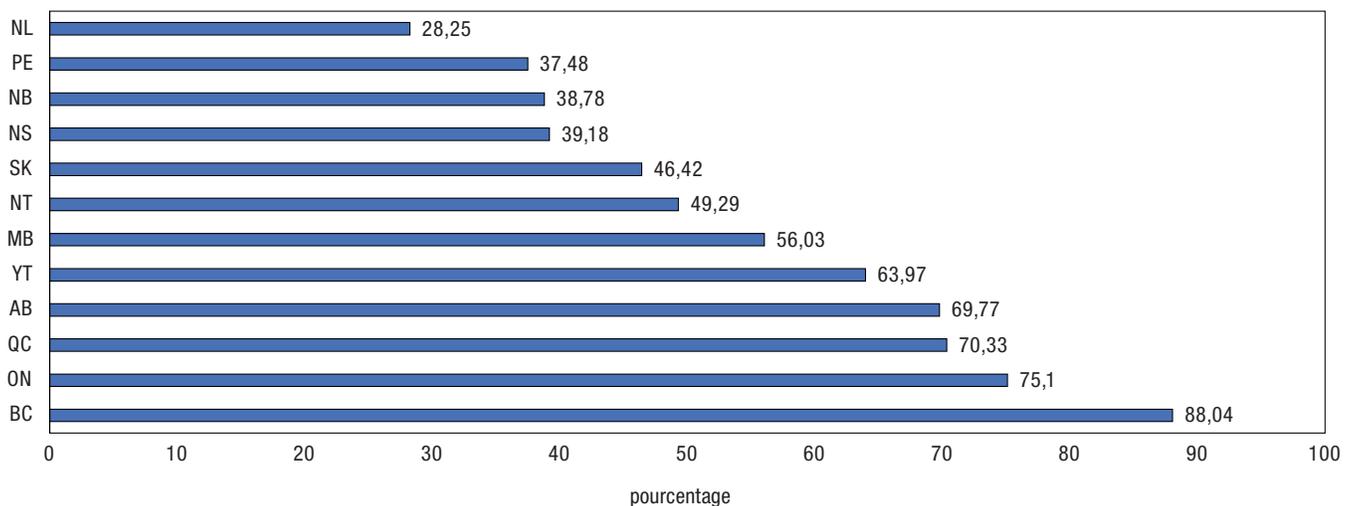
La collecte de données GTFS a permis d'utiliser 106 sources et plus de 144 000 arrêts de transport en commun pour calculer des matrices de temps de trajet, compte tenu de la disponibilité pour le téléchargement au moyen de portails de données ouvertes en ligne et par courriel auprès des fournisseurs/municipalités contactés. Les sources de données GTFS provenaient principalement de l'Ontario, du Québec, de la Colombie-Britannique et de l'Alberta<sup>17</sup>.

Pour évaluer la couverture rurale et urbaine, les îlots de diffusion ne faisant pas partie de régions métropolitaines de recensement (RMR) ou d'agglomérations de recensement (AR) ont été considérés comme ruraux, tandis que les autres ont été considérés comme des régions urbaines. La Colombie-Britannique enregistrait non seulement la plus forte couverture démographique provinciale (86,88 %), mais également celle des régions rurales où 2,64 % de la population vivait dans des îlots de diffusion situés à moins de 1 km d'un arrêt de transport en commun. La province suivante présentant la plus grande couverture rurale était le Québec, où moins de 1 % de la population hors de RMR ou d'AR résidait à moins de 1 km d'un arrêt. Les îlots de diffusion comportant des arrêts de transport en commun GTFS hors de RMR ou d'AR n'existaient que pour la Colombie-Britannique, le Québec, l'Alberta et l'Ontario.

La Graphique 1 présente le pourcentage de la population urbaine par province et territoire vivant au sein d'îlots de diffusion situés à moins de 1 km de tout arrêt de transport en commun. Les chiffres de population de chaque îlot de diffusion ont été calculés à partir du Recensement de 2021.

### Graphique 1

#### Pourcentage de la population urbaine vivant dans des îlots de diffusion situés à moins de 1 km d'un arrêt de transport en commun, par province et territoire



**Note :** Les barres sont colorées en fonction du pourcentage de la population provinciale/territoriale d'une région urbaine résidant à moins de 1 km d'un arrêt de transport en commun GTFS. Le Nunavut a été exclu, car aucune donnée sur le transport en commun n'est disponible dans ce territoire.

**Source :** calculs des auteurs.

15. Voir : [Données ouvertes de Mobilité](#).

16. Voir : [Organismes publics de transport en commun au Canada](#).

17. Il est à noter que les itinéraires couverts par les taxis partagés sur demande (type d'itinéraire 1501) ont été retirés du fichier route.txt des municipalités suivantes : Chambly-Richelieu-Carnigan, L'Assomption, La Presqu'Île, Laurentides, Le Richelain, Longueuil, Richelieu, Roussillon, Sainte-Julie, Sud-Ouest et Terrebonne-Mascouche (qui font toutes partie de l'exploitant du réseau de transport métropolitain Exo). De même, les déplacements interurbains, comme BC Ferries et VIA Rail, ont également été exclus puisque les trajets étaient généralement plus longs que le seuil de durée défini et que les prix des billets étaient plus élevés que les services de transport public typiques. De plus amples détails sur les données GTFS sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

### 4.3 Calcul du temps de trajet

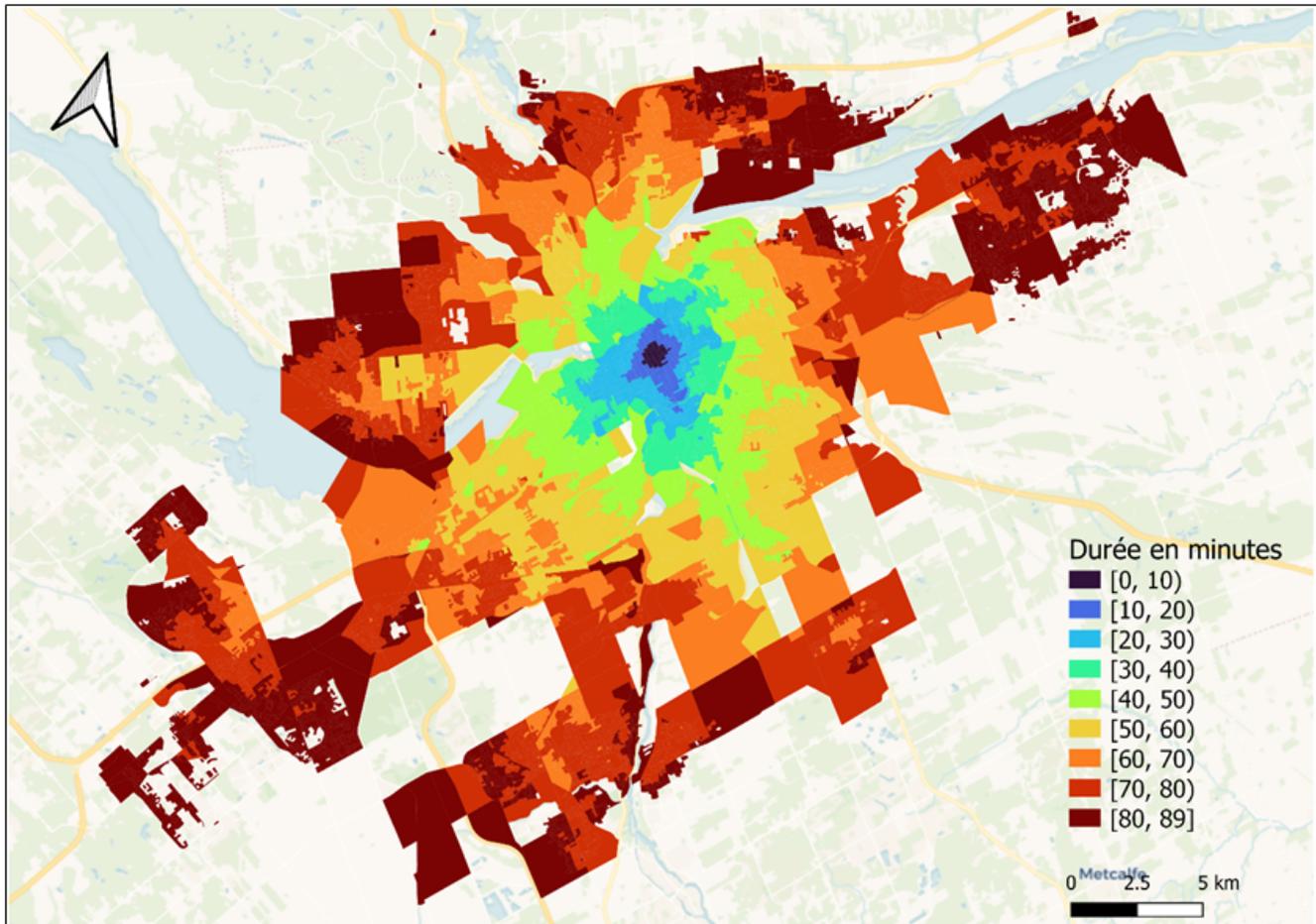
Comme il a été mentionné ci-dessus, on a utilisé la valeur de  $r5r$  pour calculer des matrices de temps de trajet de plusieurs à plusieurs (ou îlot de diffusion à îlot de diffusion) dans chaque région de transport en commun. Une série de paramètres ont été mis à l'essai, notamment la variation de la fenêtre de temps de trajet, la vitesse et la distance de marche maximales, et la date et l'heure de début. À la suite de cet essai, un seuil de durée du navettage de 90 minutes a été appliqué en supposant une vitesse de marche par défaut de 3,6 km/h et une distance de marche maximale de 1 000 mètres depuis et vers les arrêts de transport en commun. El-Geneidy et coll. (2014) ont déterminé que la distance de marche du 85<sup>e</sup> centile depuis le domicile jusqu'aux arrêts d'autobus était de 524 m et celle du domicile jusqu'aux arrêts de train de banlieue, d'environ 1 259 m à Montréal. Étant donné que la présente étude ne fait pas de distinction entre les types de transport en commun dans les régions rurales et urbaines, il a été décidé d'utiliser plutôt 1 000 mètres.

Les temps de trajet pour le transport en commun ont finalement été calculés pour chaque minute de 7 h à 9 h (de 14 h à 16 h en dehors des heures de pointe) plusieurs jeudis différents des années civiles 2021 et 2022 afin de s'assurer que les heures de pointe étaient couvertes et que la durée médiane représentait les estimations définitives. Cela signifie que les secteurs de service ayant une vaste couverture temporelle, en particulier une fréquence élevée en dehors des heures de pointe, n'étaient pas favorisés par rapport aux secteurs offrant seulement un service aux heures de pointe.

Par exemple, la figure 10 ci-dessous illustre le temps écoulé entre un centroïde d'un îlot de diffusion d'origine à Ottawa et tous les îlots de diffusion de destination se trouvant à moins d'un seuil de durée de trajet de 90 minutes pendant les heures de pointe du transport. Cette carte illustre également l'utilisation des réseaux des opérateurs de transport en commun d'Ottawa et de Gatineau dans cette région de transport en commun d'Ottawa, de Gatineau et de La Pêche. Les isochrones pour le transport en commun ont généralement des « îlots » au sein desquels les arrêts et les carrefours de transport sont plus largement dispersés. Cela s'explique par le fait que les arrêts sont atteints plus rapidement lors de l'utilisation du réseau de transport en commun qu'à pied.

**Figure 4**

**Exemple de temps de trajet (en minutes) d'un centroïde d'un îlot de diffusion d'origine (point rouge) à tous les centroïdes d'îlots de diffusion au sein d'un seuil de temps de trajet de 90 minutes, dans la région d'Ottawa–Gatineau**



Source : Statistique Canada, Centre des projets spéciaux sur les entreprises, contributeurs © OpenStreetMap et © CARTO.

Pour valider l'exactitude des matrices relatives au temps de trajet, des îlots de diffusion aléatoires (représentant des points d'origine) ont été évalués dans chaque région de transport. Pour ce faire, on a créé un sous-ensemble d'îlots de diffusion chevauchant spatialement une région géographique régionale (RMR, SDR ou DR) et une zone tampon de 1 000 mètres dérivée de tous les arrêts de transport en commun. De plus, nous avons utilisé Google Maps pour mettre nos résultats en contexte, ce qui offre la meilleure approche pour valider les matrices de temps de trajet produites<sup>18</sup>. Dans le cadre de cet exercice de validation, si le temps de trajet d'un emplacement d'îlot de diffusion d'origine vers des emplacements d'îlots de diffusion de destination différait de manière significative des résultats d'une requête semblable sur Google Maps, cette zone était signalée pour une inspection plus poussée<sup>19</sup>.

Après la validation, on a calculé pour le modèle un extrait final de 53 matrices de temps de trajet; une pour chaque région de déplacement, pour un total de près de 320 millions de paires de durées îlot de diffusion à îlot de diffusion.

18. Les résultats des calculs de temps de trajet à l'aide de la valeur r5r indiquaient généralement des temps de trajet plus longs, et donc des répartitions spatiales plus faibles vers les îlots de diffusion de destination, comparativement à ce qui était présenté dans Google Maps; on a cependant supposé que cela était attribuable aux différentes données d'algorithme d'itinéraire et de réseau routier de Google, ainsi qu'à l'utilisation de données GTFS et de circulation en temps réel.

19. Ces origines problématiques ont ensuite été réexécutées après une inspection plus approfondie des données sous-jacentes. Dans le cadre de ce processus itératif, les enjeux liés à la façon dont les données étaient stockées et organisées dans GTFS ont été cernés et résolus. Par exemple, les fichiers GTFS fondés sur la fréquence (STM de Montréal et Saguenay) ont entraîné des erreurs dans l'algorithme d'itinéraire; par conséquent, leurs fréquences ont dû être converties en heures d'arrêt, ce qui a résolu le problème.

### 4.3.1 Itinéraire par transport en commun

Adaptés de la méthodologie de la BDMP (Alasia et coll. 2021), les calculs de la durée de trajet,  $d_{ij}$ , ont été ajustés aux itinéraires par transport en commun. Pour la BDMP, la distance a été calculée en présumant que les navetteurs se déplaçaient soit à pied soit en voiture; ce qui a permis l'utilisation du moteur d'itinéraires à source ouverte openrouteservice (ORS). Cette étude a mesuré l'accès aux transports en commun en fonction de la durée des trajets sur les réseaux de transport en commun, mode de transport non offert par ORS; par conséquent, une autre approche était nécessaire pour calculer les temps de trajet entre îlots de diffusion. Après avoir évalué plusieurs moteurs d'itinéraires, le moteur d'itinéraires Rapid Realistic Routing on Real-world and Reimagined networks (R5) (moteur d'itinéraires rapides et réalistes sur réseaux réels et réinventés) de Conveyal<sup>20</sup> a été jugé le plus approprié aux fins de la présente analyse<sup>21</sup>.

#### 4.3.1.1 Itinéraires avec R5 de Conveyal

Le code de base de Conveyal est en source ouverte, mais la documentation relative à l'utilisation de R5 est limitée. Par conséquent, le progiciel de langage de programmation R5 R, r5r<sup>22</sup>, a été utilisé comme interface simple d'exécution du moteur d'itinéraires. En outre, une communauté ouverte active le développe et propose une documentation importante. Le moteur d'itinéraires, pour R5 (et r5r), exploite le routeur RAPTOR (routeur optimisé de transport en commun basé sur les tours), algorithme d'itinéraires unique conçu spécialement pour le transport en commun (tramway, métro, autobus, traversier, trolley, télécabine, funiculaire), parce qu'il utilise des horaires de transport en commun pour trouver l'heure d'arrivée la plus proche et le meilleur itinéraire pour chaque arrêt accessible afin de calculer plus efficacement les agrégats de matrices de distances/temps (Delling, et coll. 2015). Plus précisément, RAPTOR est efficace, mais « réaliste », parce qu'il calcule les durées chaque minute en respectant un paramètre de période précis pour tenir compte de la nature variable des réseaux de transport en commun, notamment les itinéraires et les horaires de transport en commun variant en fonction du moment de la journée; jour de la semaine et de la période de l'année. Par exemple, si une période d'une heure est présumée à 7 h du matin, une durée de chaque origine à la destination dans une durée maximale (p. ex. 90 minutes) est calculée chaque minute entre 7 h et 8 h du matin, puis la médiane est présumée être la valeur de durée la plus représentative pour cette paire d'origine-destination (Pereira et coll., 2021; Conway et coll., 2018; Conway et coll., 2017).

Outre la détermination d'une plage horaire, les origines et les destinations doivent être fournies (dans ce cas, des centroïdes d'îlot de diffusion) et le mode de transport utilisé après la sortie du mode de transport en commun doit être précisé. D'autres paramètres peuvent être ajustés pour tenir compte des valeurs par défaut, y compris la distance de marche maximale et la vitesse entre les arrêts de transport en commun et les origines et entre les arrêts de transport en commun et les destinations.

### 4.3.2 Itinéraires par transport actif

Pour calculer les durées en vélo et à pied entre les paires d'origine et de destination (c.-à-d. d'un îlot de diffusion à un autre), on a utilisé le moteur d'itinéraires à source ouverte Valhalla, parce qu'il utilise des graphiques indexés hiérarchiques comme ensembles de tuiles et un ensemble d'algorithmes (notamment Thor pour les itinéraires et Sif pour l'établissement des coûts) pouvant tenir compte des variances dans les caractéristiques physiques (p. ex. infrastructure et pentes). À l'instar de plusieurs moteurs d'itinéraires à source ouverte populaires, Valhalla construit un graphique à partir des géométries et attributs d'OpenStreetMap (principalement pour le réseau routier), ainsi que des données d'élévation provenant des modèles d'altitude numériques diffusés sur des portails de données ouvertes.

20. Voir : [Conveyal - R5](#).

21. Divers services ouverts et payants existent pour calculer la durée ou les distances entre des paires origine-destination au moyen du transport public, y compris Google Maps, OpenTripPlanner, Valhalla de Mapbox et R5 de Conveyal. Tous reposent sur la spécification GTFS normalisée; cependant, chacun d'eux a recours à une approche unique de compilation des sources de données et des réseaux informatiques, des itinéraires et des matrices de distances. Les horaires, les itinéraires, les numéros d'arrêt et les emplacements de transport public, ainsi que les dates du calendrier auxquelles les données s'appliquent, sont organisés en formats de texte lisibles par machine, conformément à GTFS; ce qui est détaillé de manière plus approfondie à la section 3 : Dépendances des données. Même Google Maps offre un service d'itinéraires fiable à l'aide de données GTFS en temps réel et de données sur la circulation en direct, les coûts et les limites selon les modalités de ce produit ont été jugés hors du champ de l'étude. OpenTripPlanner est un ancien outil en source ouverte qui permet de produire des itinéraires à partir de données GTFS et OpenStreetMap. Cela dit, il s'agit d'un système coûteux sur le plan des calculs et qui tient compte d'un seul horodatage, faisant abstraction de la variabilité des horaires entre les exploitants de services de transport public et rendant difficile la mise à l'échelle des mesures à l'échelle nationale. Par la suite, le moteur Valhalla a été pris en considération parce qu'il offre une certaine souplesse quant aux paramètres de coût qui pénalisent les itinéraires non recommandés (4.3.3 Itinéraires par transport actif); mais après des enjeux de construction du moteur Valhalla avec des sources GTFS prétraitées définies par un autre projet à source ouverte, Transitland, il a été déterminé que la mise en œuvre du moteur d'itinéraires R5 de Conveyal était plus harmonieuse.

22. Voir : [IPEA - r5r](#).

Comme mentionné ci-dessus, Valhalla intègre des grilles d'altitude et de circulation (si disponibles) combinées à des facteurs pondérés pour les coûts dynamiques. Par exemple, les poids, comme le degré, le matériau de surface, etc., modifient le facteur de coût qui ajoute des pénalités de temps; ce qui a une incidence sur la vitesse et donc le temps de trajet le long d'une arête, selon l'angle de pente défini par la grille d'altitude. Ces degrés pondérés influent en fin de compte sur les itinéraires résultants, car les arêtes de moindre degré seront priorisées plutôt que les arêtes de degré élevé. Les poids sont ajustés en fonction de l'expérience, du niveau de confort, des préférences personnelles, des capacités physiques et, dans le cas du cyclisme, du type de bicyclette lui-même. La spécification des paramètres utilisés pour l'établissement des coûts dynamiques des itinéraires est présentée au tableau 3 de l'annexe. En général, les valeurs précisées supposent que des vélos de route sont utilisés et qu'il y a une préférence pour les pistes cyclables ou les routes à voies cyclables séparées des voitures et des routes; ce qui biaise les itinéraires retournés par Valhalla vers des voies de confort moyen et élevé conformément au classement dans Can-BICS (Winters et coll., 2020). De plus, on suppose que les chemins les moins accidentés sont préférables.

Le processus d'itinéraire est analogue pour la marche; toutefois, un ensemble distinct de paramètres d'établissement des coûts est utilisé. La spécification utilisée dans cette analyse est présentée au tableau 4 en annexe. Les valeurs précisées supposent que les gens se déplaçant à pied sont plus indifférents aux variations d'élévation par rapport aux cyclistes, mais des pénalités de temps sont appliquées pour gravir des escaliers.

#### 4.3.2.1 Analyse de sensibilité des coûts de Valhalla

Pour mieux comprendre l'effet des modèles de coûts de Valhalla sur les types de routes prises en compte dans les itinéraires, on a effectué une analyse de sensibilité en modulant le paramètre d'utilisation de routes (`use_roads`) et en examinant le coût global, le coût par minute et le coût par mètre de chaque itinéraire<sup>23</sup>.

Même si les modèles de coûts de Valhalla sont principalement composés de paramètres relatifs aux préférences des utilisateurs, l'analyse de l'échantillon a révélé à la fois la sensibilité du modèle pour les types de routes des itinéraires et la possibilité d'un biais vers l'infrastructure pouvant être considérée comme moins confortable par un utilisateur. Par exemple, un coût plus élevé relatif aux routes artérielles ou dans les régions rurales est correctement établi par les modèles de coûts de Valhalla; les routes artérielles ayant un coût par distance de 0,64 et les routes dans les régions rurales ayant un coût par distance de 0,82. Il convient de noter que d'autres facteurs, outre les préférences des utilisateurs, interviennent dans l'établissement des coûts, notamment le coût des virages. D'autres efforts de modélisation de ces résultats pourraient révéler un seuil plus clair pour retirer les infrastructures moins sécuritaires et permettre l'élaboration de mesures de trajets à vélo pour les cyclistes de tous âges et de tous niveaux. Pour la présente étude, un coût par distance de 0,7 a été utilisé pour éliminer les itinéraires moins attrayants.

Les décisions prises pour cette mesure visaient à exclure les itinéraires les plus dangereux et les moins sûrs pour les cyclistes, tels que les autoroutes. Elle n'est pas censée représenter l'accès pour tous les âges et toutes les capacités, car certains itinéraires inclus ne seraient pas confortables ou sûrs pour tous les utilisateurs.

## 4.4 Définition des régions de transport

Un total de 106 sources GTFS accessibles parmi les 143 relevées ont été téléchargées, puis traitées en groupes de « régions de transport en commun ». Les régions de transport en commun ont été définies pour calculer plus facilement les durées entre les îlots de diffusion de sources GTFS différentes, mais reliées. Plus précisément, chaque région de transport en commun est une compilation de sources GTFS regroupées en fonction de l'hypothèse selon laquelle l'intersection des zones de délimitation des emplacements d'arrêts de transport en commun de ces sources permettait aux navetteurs d'accéder à des fournisseurs de transport en commun différents. Par exemple, Ottawa, Gatineau et La Pêche ont des sources GTFS distinctes, mais ont été regroupés en une seule région de transport en commun, parce que leurs arrêts GTFS se chevauchaient. Selon cette logique, 54 régions au total ont été créées; la figure A1 de l'annexe présente la superficie et la répartition des régions de transport en commun.

23. Les résultats de l'analyse de sensibilité ne sont pas présentés ici, mais sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

Toutefois, dans chaque région de transport en commun, les dates des horaires de certaines sources GTFS présentaient certaines incohérences en raison de l'écart dans la fréquence à laquelle les fournisseurs de transport en commun mettaient à jour leurs horaires ou leurs itinéraires. Cela signifie que chaque source GTFS était valide pour une période donnée, d'environ trois mois à plus d'un an. Pour calculer des itinéraires et des durées représentatifs et exacts, il était primordial de cerner ces incohérences temporelles et d'ajuster les sources GTFS (p. ex. téléchargement de données anciennes) au sein de chaque région de transport en commun afin d'assurer l'harmonisation des horaires des exploitants<sup>24</sup>.

#### 4.5 Mesure de présence et de masses de destination

La mesure de la masse dépend en grande partie de la nature du service ou de la commodité qui fait l'objet de la mesure de proximité. Cette section présente certaines considérations générales ainsi que les approches utilisées pour les sept mesures définies dans le cadre de la présente analyse.

Comme il en a été question dans Alasia et coll. (2021), deux approches sont largement utilisées pour estimer la masse des destinations : la pondération uniforme et la pondération non uniforme. Lorsque la pondération uniforme est utilisée, on attribue la valeur « 1 » à chaque îlot de diffusion qui contient un emplacement d'une commodité donnée. Ainsi, la même masse est attribuée à tous les îlots de diffusion au sein desquels la quantité de commodité n'est pas nulle. Cette approche ne tient donc pas compte de l'importance de la commodité. Par exemple, un îlot de diffusion comprenant un dépanneur aurait le même poids qu'un autre où se trouve un supermarché d'une grande chaîne. Avec la pondération non uniforme, la masse est proportionnelle à la taille du service ou à la quantité de destinations; p. ex. cette masse pourrait être les revenus de l'entreprise ou son nombre d'employés.

Toutes les masses fondées sur le RE sont déduites d'un jeu de données de toutes les entreprises actives en 2021 extraites du RE. Les masses pour les entités du RE ont été calculées de la même façon que dans Alasia et coll. (2021). Au besoin, les déclarations au niveau de l'entreprise ont été réparties proportionnellement au niveau local à l'aide des facteurs de répartition du RE; les entités dont les cases postales étaient des adresses ou des coordonnées géographiques peu fiables ont été retirées, tout comme les entreprises de travailleurs autonomes dont les revenus étaient inférieurs à 30 000 \$. Les masses pour les lieux d'emploi et les soins de santé sont dérivées des données d'emploi du RE, tandis que les masses pour les épiceries est simplement une masse uniforme. Autrement dit, la masse totale d'un îlot de distribution est la somme des masses des épiceries s'y trouvant. Il est à noter que les mesures spatiales de l'accès aux épiceries suivent une spécification différente, décrite en détail à la section 4.6.2.

Les destinations de soins de santé étaient composées d'établissements en activité en vertu des codes SCIAN suivants du Registre des entreprises (RE) : 6211 (Cabinets de médecin), 6212 (Cabinets de dentiste), 6213 (Cabinets d'autres prestataires de services de santé), 621494 (Centres communautaires de soins de santé) et 622 (Hôpitaux). Cet extrait a été complété par celui sur les services de soins de santé ambulatoires, les hôpitaux et les centres de soins d'urgence de la version 2 de la Base de données ouvertes sur les établissements de soins de santé (BDOES). Les données du RE sur les établissements de soins de santé ont été complétées par les établissements figurant dans la BDOES au moyen d'une approche de déduplication pour supprimer les établissements communs aux deux ensembles de données. De plus, la classe d'emplois des enregistrements de la BDOES a été imputée à l'aide d'un classificateur de forêt aléatoire<sup>25</sup>.

La mesure de la masse des commodités recueillies à partir de sources de données ouvertes est également une masse uniforme. La masse totale d'un îlot de diffusion est la somme des masses des commodités s'y trouvant, à l'exception des installations sportives et récréatives qui ont été divisées en trois classes ([1-4], [4-6], [plus de 6]) pour lesquelles le code catégorique numérique, allant de 1 à 3, a été utilisé comme masse.

24. Pour cette analyse, les dates des horaires varient de mai 2017 à janvier 2022; 66 % des sources incluant les données de transport public se situant entre 2020 et 2022.

25. Les forêts aléatoires sont une technique d'apprentissage automatique d'ensemble qui fonctionne en construisant une multitude d'arbres décisionnels et en produisant la classe qui est le mode des classes pour la classification des arbres individuels.

## 5 Modélisation

Le modèle gravitationnel adopté pour cette analyse s'appuie sur les méthodes élaborées par Alasia et coll. (2021), qui ont produit la première Base de données des mesures de proximité (BDMP) pour le Canada. Cette section présente un résumé des changements apportés à la méthodologie, à savoir la pondération et les itinéraires appliqués pour produire les vingt-huit mesures spatiales de l'accès. Pour de plus amples renseignements sur la conceptualisation et la mise en œuvre de mesures d'accès au moyen d'une approche fondée sur un modèle gravitationnel, consulter Alasia et coll. (2021).

### 5.1 Modèle primaire (gravitationnel)

En général, une mesure spatiale de l'accès d'une origine à une destination peut être résumée à la distance entre celle-ci et la masse de la destination; ce qui est un substitut de la quantité de service fourni à la destination. En d'autres termes, les destinations plus proches d'une origine sont potentiellement plus attrayantes, ou elles sont associées à une plus grande volonté de s'y rendre, comparativement aux destinations plus éloignées. De plus, la masse des commodités influence les possibilités de recevoir des services; par exemple, l'accès à un petit dépanneur ne fournirait pas la même masse de commodités qu'une grande épicerie.

Sur le plan mathématique, l'attractivité d'un point de destination  $j$  à partir d'un point d'origine  $i$  est proportionnelle à la masse de commodité ( $m$ ) à  $j$  et à la volonté de se déplacer ( $f$ ) sur la distance ou pendant la durée ( $d$ ) entre  $i$  et  $j$ . Par conséquent, le niveau d'accès (NA) du point d'origine  $i$  est la somme de l'attrait de la destination de toutes les destinations  $J$  dans une fourchette désignée de  $i$ .

L'équation (1) illustre la formule et les conditions définissant le niveau d'accès pour une unité géographique  $i$  :

$$NA_i = \sum_{j \in J} f(d_{ij}) \cdot m_j$$

où

$$f(d_{ij}) = 1 - \left( 1 - e^{-\frac{d_{ij}}{\lambda}} \right)$$

À l'instar de la BDMP, une valeur approximative des points d'origine et de destination est dérivée des points représentatifs de l'îlot de diffusion. De plus, la masse des commodités est agrégée au niveau de l'îlot.

Toutefois, contrairement à la BDMP, une fonction de décroissance ou d'impédance, exprimée sous la forme  $f(d_{ij})$ , est appliquée pour tenir compte de la variation de la volonté de se déplacer vers différents types de commodités. Elle utilise la fonction de répartition cumulative exponentielle complémentaire, couramment utilisée dans la documentation sur le transport en commun (Palacios et El-Geneidy 2022; Bauer et Groneberg 2016; Luo et coll. 2014; Wan et coll. 2012; Kwan 1998). Le paramètre,  $\lambda$ , est choisi de sorte que la durée médiane du trajet vers cette commodité (voir de plus amples détails ci-dessous) correspond au point médian de l'intervalle  $[0, 1]$ . Le recours à une fonction de décroissance du temps ou de la distance suppose une répartition continue des poids des îlots de diffusion de destination en fonction de leur distance relative à un îlot de diffusion d'origine. Essentiellement, l'utilisation d'une fonction de décroissance pénalise les îlots de diffusion de destination situés plus loin de l'îlot de diffusion d'origine.

La durée médiane des trajets par type de service ou de commodité a été déterminée à partir de l'Enquête sociale générale (ESG) de 2015<sup>26</sup>. Cette enquête offre des résultats appropriés pour assurer une approche axée sur les données représentant mieux les véritables temps de trajet dans l'ensemble au Canada. Selon les vingt-huit mesures d'accès, les durées et les poids des types de commodités et de services suivants ont été extraits des résultats de l'enquête (avec l'identificateur de type de l'ESG) : travail (301), épicerie (306), sports (308) et santé (311) pour les modes de transport en commun (316), à pied (315) et à vélo (318). Ensuite, en fonction de la série de durées et de leurs poids d'enquête correspondants, la durée médiane des trajets vers chaque type de commodité a été déterminée, comme le présente le Tableau 1. La pente de la courbe est influencée par le paramètre  $\lambda$ ,

26. Cycle 29, 2015 : Emploi du temps, Fichier d'épisodes, en particulier les fichiers de microdonnées à grande diffusion.

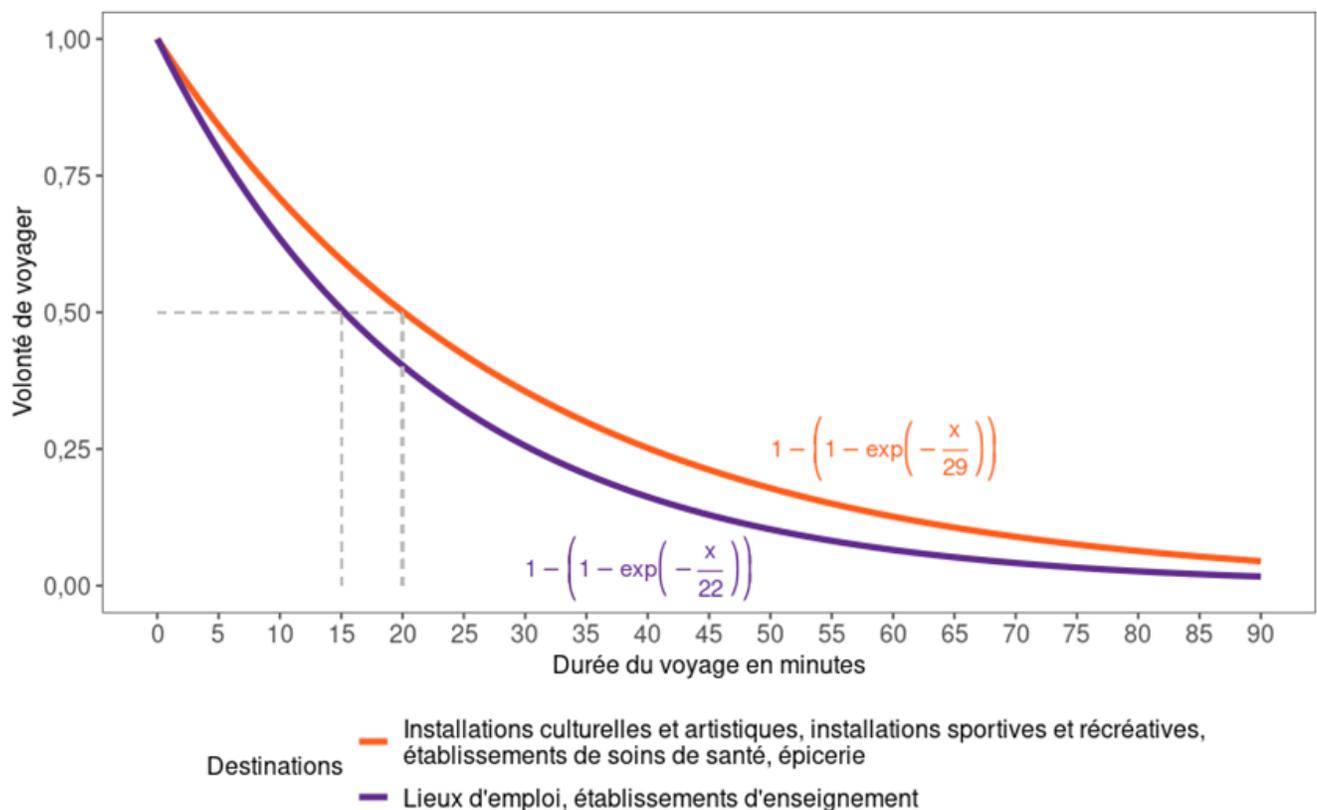
selon lequel une valeur inférieure des résultats lambda se traduit par une courbe plus abrupte. Ainsi, une valeur plus élevée de lambda indique une volonté de se rendre plus loin pour un type particulier de commodité; par exemple, une personne est généralement plus disposée à parcourir une plus grande distance pour un emploi ( $\lambda = 29$ ) que pour faire l'épicerie ( $\lambda = 22$ ).

**Tableau 1**  
**Durée médiane des trajets selon le type de destination en minutes**

Type d'installation de destination	Durée médiane du transport en commun	Durée médiane à vélo	Durée médiane à pied
	en minutes		
Culturelles et artistiques	15	15	10
Enseignement de la maternelle à la 12 <sup>e</sup> année	20	20	10
Enseignement postsecondaire	20	20	20
Loisirs	15	15	10
Emploi	20	20	15
Soins de santé	15	15	10
Épiceries	15	15	10

Source : ESG et calculs des auteurs.

**Figure 5**  
**Courbes de décroissance par paramètres lambda pour le transport en vélo et le transport en commun**



Source : calculs des auteurs.

Enfin, en suivant les méthodes appliquées pour la BDMP, toutes les mesures d'accès au transport en commun présentées dans la présente étude peuvent ensuite être exprimées en termes relatifs, comme des indices remis à l'échelle. Autrement dit, le niveau d'accès  $NA$  est transformé en un indice, ci-après appelé la Mesures Spatiales de l'Accès,  $MSA$ , en remettant à l'échelle ses valeurs dans une fourchette de 0 à 1. Comme le montre l'équation (2), la formule de remise à l'échelle suivante est appliquée :

$$MSA_i = \frac{NA_i - \min(NA)}{\max(NA) - \min(NA)}$$

La remise à l'échelle se fait à l'échelle nationale; c.-à-d.  $\min(NA)$  correspond au niveau d'accès le plus bas au Canada et  $\max(NA)$  au niveau le plus élevé. Dans la présente étude, les niveaux d'accès et les indices sont fournis.

## 5.2 Modèle double

Le double ou l'inverse du modèle d'accessibilité (Cui et Levinson, 2020) règle le problème du coût ou de la durée de trajet pour atteindre un nombre minimal d'occasions. Le modèle double peut être exprimé comme suit :

$$NA_i = \max(Q_{ij} \cdot d_{ij})$$

Résolvant

$$\min_Q \sum_{j \in J} m_j \cdot Q_{ij} \cdot d_{ij}$$

à condition que :

$$\sum_{j \in J} m_j \cdot Q_{ij} \geq n$$

$$Q_{ij} \in \{0,1\}$$

Où  $Q$  est la matrice binaire origine-destination (OD) des paires de réseau entre îlots de diffusion,  $d_{ij}$  est la durée de trajet entre l'origine  $i$  et la destination  $j$ ,  $n$  est un certain seuil du nombre de commodités et  $m_j$  est la masse des commodités dans l'îlot de diffusion de destination  $j$ . Ce modèle est uniquement utilisé pour les mesures des épiceries; la masse utilisée est le nombre d'épiceries dans un îlot de diffusion.

Le produit de ce modèle est la durée de trajet en minutes pour atteindre la  $n^{\text{e}}$  commodité la plus proche.

Cette approche a été choisie pour deux raisons : premièrement, la distance par rapport aux épiceries les plus proches est plus pertinente que la taille d'une épicerie, et deuxièmement, pour être en mesure de cerner les déserts alimentaires, il est important de pouvoir quantifier s'il y a une variété d'épiceries à courte distance.

## 5.3 Hypothèses

Peu importe le modèle, les hypothèses ont une incidence sur les résultats obtenus. Dans le cas de ce projet, la fonction de décroissance (ou la volonté de se déplacer) suppose un profil de navettage uniforme. Plus précisément, l'utilisation d'une zone tampon de 1 km autour des arrêts de transport en commun comme contrainte d'accès suppose que les navetteurs sont disposés et capables de parcourir cette distance à pied pour commencer leur trajet. Les paramètres relatifs aux déplacements à vélo et à pied utilisés pour les itinéraires supposent que les navetteurs sont également en mesure et ne sont pas significativement gênés par le terrain ou les activités extérieures, comme des escaliers ou des pentes abruptes. Toutefois, la préférence est d'éviter les élévations et les escaliers si d'autres itinéraires sont disponibles. Une autre généralisation relative à la population se trouve dans l'utilisation de l'Enquête sociale générale comme représentation des temps de trajet. Bien que la

généralisation permette d'obtenir des résultats normalisés, elle s'applique en fonction de l'attente selon laquelle les navetteurs de l'ensemble du Canada suivent les tendances et les choix déclarés par l'échantillon de 2015.

## 6 Résultats clés : population ayant un accès spatial

Les méthodes présentées ci-dessus ont donné 28 mesures d'accès spatial, calculées pour les îlots de diffusion (ID) situés dans les tampons spatiaux utilisés dans cette analyse, tandis que les ID à l'extérieur des tampons spatiaux sont classifiés comme n'offrant pas d'accès spatial pour ce service. Ces mesures détaillées ont été diffusées sous forme de base de données de mesures spatiales de l'accès (MSA), qui peut être téléchargée en ligne<sup>27</sup>. La présente section résume ces résultats en combinant les données sur les chiffres de population du Recensement de la population de 2021 à la base de données MSA et en mettant l'accent sur le pourcentage de la population canadienne ayant accès aux différentes commodités.

Les faits saillants sont présentés pour trois niveaux géographiques : au niveau national, au niveau provincial et un exemple illustratif de résultats au niveau métropolitain. L'analyse à l'échelle locale, où les valeurs des ID peuvent être mises en correspondance, est l'étape où la base de données MSA révèle son plein potentiel en matière d'analyse et de soutien stratégiques. Il convient de souligner que ce qui est présenté ici n'est qu'une perspective analytique succincte que cette base de données permet.

### 6.1 Faits saillants à l'échelle canadienne

Les résultats agrégés des MSA pour le Canada sont présentés au Tableau 2. À l'échelle canadienne, les MSA fournissent un cadre général permettant d'étalonner les rendements actuels en matière d'accessibilité spatiale en termes agrégés. Malgré des défis méthodologiques inévitables, les résultats actuels pourraient servir à suivre les tendances au fil du temps ou, possiblement, à comparer le Canada à d'autres administrations.

Deux principales tendances se dégagent des résultats à l'échelle du Canada. Premièrement, à l'échelle nationale, l'accès spatial par transport en commun est semblable pour les heures de pointe et les heures creuses. Malgré la potentielle variation du degré d'accès à l'échelle locale, lorsque l'on examine la simple dichotomie « accès/absence d'accès », les zones (îlot de diffusion) desservies par le transport en commun pendant les périodes de pointe sont presque identiques pendant les heures de pointe et en dehors des heures de pointe.

Deuxièmement, lorsque l'on examine un type particulier de services ou d'installations, et quels que soient les moyens de transport, le degré d'accessibilité spatiale est plus élevé pour deux services essentiels, les établissements de soins de santé et l'enseignement primaire. Les établissements de soins de santé sont le type d'établissements le plus accessible sur le plan spatial : trois quarts (74,5 %) de la population canadienne a un accès spatial à ces services par transport en commun (heures de pointe et heures creuses), tandis qu'environ 9 Canadiens sur 10 y ont accès en vélo (93 %) ou à pied (90 %). Les établissements d'enseignement primaire se classent au deuxième rang des services les plus accessibles sur le plan spatial : près de 70 % de la population canadienne y a accès par transport en commun, 90 % en vélo et près de 83 % à pied.

En revanche, les établissements d'enseignement postsecondaire sont les installations les moins accessibles sur le plan spatial parmi celles prises en compte dans cette analyse; moins de 60 % de la population canadienne y ayant accès par transport en commun et respectivement environ 40 % et 12 % y a un accès spatial à vélo et à pied. Ces résultats reflètent une tendance d'emplacement spatial observé pour les collèges et les universités, fréquemment situés à la périphérie des agglomérations. Par conséquent, ces services sont nettement moins accessibles à pied et à vélo, compte tenu des seuils de distance utilisés dans la présente analyse.

D'une part, les installations récréatives et sportives et, d'autre part, les installations culturelles et artistiques se classent relativement proches sur le plan de l'accès spatial agrégé. Entre 6 et 7 Canadiens sur 10 ont accès à ces installations par transport en commun. Environ 8 à 9 Canadiens sur 10 ont accès à ces installations à vélo, tandis qu'une différence plus marquée est observée pour l'accès à pied : près de 80 % ont accès à des installations récréatives et sportives et environ 60 % ont accès à des installations culturelles et artistiques.

27. Voir : [Mesures spatiales de l'accès \(statcan.gc.ca\)](https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/98-646-x/2019001/article/00001.htm).

Enfin, un peu plus de 60 % de la population canadienne a accès à une épicerie en transport en commun, tandis qu'environ 87 % a accès à une épicerie dans un délai de 15 minutes de vélo et environ 71 % a accès à une épicerie dans un délai de 15 minutes de marche.

Il est intéressant de noter que les lieux d'emploi offrent une meilleure accessibilité spatiale parmi toutes les commodités prises en compte dans la présente analyse. Toutefois, il faut se rappeler que les mesures tiennent compte de l'accès spatial des personnes à n'importe quel lieu d'emploi, - à l'exclusion du travail indépendant, et pas nécessairement de l'emploi occupé par chaque personne. Dans cette optique, les résultats montrent que la grande majorité de la population canadienne a un certain accès spatial aux lieux d'emploi à vélo (97,2 %) ou à pied (97,0 %), tandis que plus des trois quarts y ont accès par transport en commun (77,4 %).

**Tableau 2**  
**Accès spatial à certaines commodités par transport actif et transport en commun au Canada**

Type de service	Transport en commun			
	Heures de pointe	Heures creuses	À vélo	À pied
	pourcentage de personnes ayant un certain degré d'accès			
Soins de santé	74,5	74,5	93,4	90,3
Enseignement primaire	69,0	68,9	90,0	82,8
Études postsecondaires	57,8	57,0	40,2	11,9
Épicerie	62,9	61,9	87,1	71,3
Loisirs et sports	68,4	68,9	89,4	79,8
Culture et art	65,8	65,6	85,1	60,3
Lieu d'emploi	77,4	77,4	97,2	97,0

Source : Calculs des auteurs.

## 6.2 Faits saillants pour les provinces et les territoires

Lorsque l'analyse est désagrégée à l'échelle provinciale et territoriale, on observe une dispersion importante des mesures spatiales d'accès.

Dans l'ensemble, la dispersion des MSA aux niveaux provincial et territorial semble en grande partie liée aux différents modèles d'établissement de chaque région du Canada; les régions urbanisées présentant, en général, des degrés d'accès spatial plus élevés que les provinces et les territoires plus ruraux.

La dispersion des valeurs agrégées des MSA provinciales et territoriales devient particulièrement évidente pour l'accès par transport en commun. Les provinces de l'Atlantique déclarent un pourcentage de population nettement plus faible ayant un accès spatial par transport en commun, quel que soit le type de service envisagé. Ce résultat concorde avec la proportion de la population rurale de ces provinces, qui se situe entre 30 % et 50 %; ce qui est l'un des plus élevés au Canada<sup>28</sup>. En revanche, la Colombie-Britannique, l'Ontario et le Québec figurent systématiquement parmi les provinces où le degré d'accès aux services transport en commun est plus élevé.

Lorsque l'on examine l'une ou l'autre des options de transport actif à la disposition de la population canadienne, les établissements de soins de santé et les établissements d'enseignement primaire figurent parmi les types d'établissements les plus accessibles sur le plan spatial dans toutes les provinces et tous les territoires. Par exemple, dans toutes les autres provinces et tous les autres territoires, à l'exception du Nunavut, une proportion d'environ 71 % à 97 % de la population pourrait accéder à des établissements de soins de santé à vélo et une proportion de 63 % à 95 % pourrait le faire à pied.

Dans l'ensemble, lorsque l'on examine les autres moyens de transport actifs, le principal fossé dans les mesures spatiales d'accessibilité à l'échelle provinciale demeure entre les provinces de l'Atlantique et les trois provinces plus urbanisées du Canada (Ontario, Québec et Colombie-Britannique); les provinces des Prairies demeurant au milieu. Intuitivement, cela indique l'un des principaux moteurs de ces résultats, à savoir les tendances dominantes en matière d'établissement dans ces régions (forte densité urbaine par rapport à établissement dispersé et rural). Cela exige à son tour une analyse plus localisée, illustrée par quelques exemples à la section suivante.

28. La proportion de la population vivant hors des régions métropolitaines de recensement ou des agglomérations de recensement (appelées ici régions rurales) était de 47,2 % à Terre-Neuve-et-Labrador, 37,1 % à l'Île-du-Prince-Édouard, 30,7 % en Nouvelle-Écosse et 36,8 % au Nouveau-Brunswick, comparativement à 18,2 % au Québec, 10,0 % en Ontario et 10,5 % en Colombie-Britannique, les trois provinces les plus urbanisées du Canada (voir : [Statistique Canada. Tableau 98-10-0016-01 Chiffres de population et des logements selon la Classification des secteurs statistiques](#)).

### 6.3 Exemples illustratifs d'analyses au niveau local

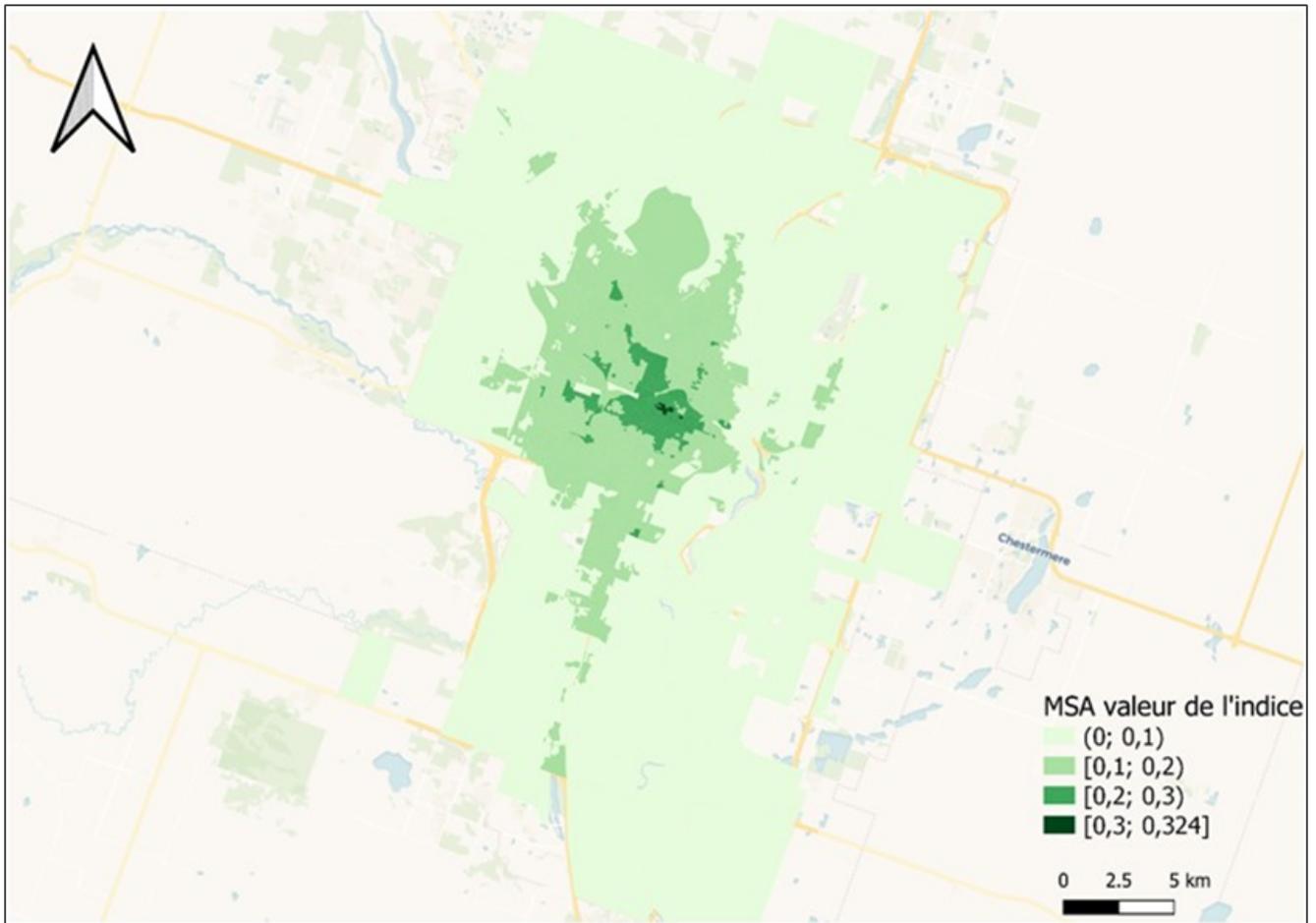
L'analyse agrégée fournit une compréhension générale des tendances et des enjeux généraux à l'échelle nationale et régionale. Toutefois, la pleine puissance d'analyse des données de MSA devient évidente lorsque les données sont visualisées au niveau de l'îlot de diffusion. C'est au niveau local que les différences d'accès peuvent être évaluées entre les différents types d'établissements (forte densité, régions urbanisées, par rapport aux banlieues, petites villes ou régions rurales) ou de quartiers au sein de régions métropolitaines.

Compte tenu de la taille de la base de données MSA et de la portée de cet article méthodologique, les résultats présentés ici se veulent des exemples explicatifs. La Figure 7 présente la valeur au niveau de l'ID de la mesure spatiale de l'accès aux établissements de soins de santé de Calgary (panel A) et aux établissements d'enseignement primaire de Québec, en transport en commun aux heures de pointe. Sur ces cartes, les valeurs de MSA sont regroupées par décile (voir la note de la figure). Les résultats mettent en évidence d'importantes différences selon les quartiers dans le degré d'accès à ces installations, qui dépendent de l'emplacement des services et de l'aménagement du réseau de transport en commun.

À titre d'exemple, 33,89 % de la population de la région métropolitaine de recensement de Calgary vit dans une région où le degré d'accès spatial aux établissements de soins de santé est élevé (tercile supérieur) par transport en commun aux heures de pointe, tandis que 11,51 % vit dans un quartier à faible degré (tercile inférieur, mais avec un certain accès) d'accès spatial et 2,36 % dans des quartiers sans accès spatial (notamment hors de la région de transport en commun également) par transport en commun. De même, une analyse de l'accessibilité au niveau du quartier aux établissements d'enseignement de la maternelle à la 12<sup>e</sup> année indique que 9,87 % de la population de la région métropolitaine de recensement de Québec vit dans une région où le degré d'accessibilité spatiale aux établissements d'enseignement de la maternelle à la 12<sup>e</sup> année est élevé (tercile supérieur) par transport en commun aux heures de pointe, 14,48 % vit dans un quartier ayant un faible degré d'accès spatial (tercile inférieur, mais un certain accès) aux établissements d'enseignement primaire, et 12,39 % dans des quartiers sans accès spatial aux établissements d'enseignement primaire par transport en commun.

Ce ne sont là que deux exemples représentatifs de l'utilisation des données de MSA à l'échelle locale. Le lecteur doit se rappeler que le présent document décrit un cadre méthodologique offrant une certaine souplesse pour définir les niveaux d'accès élevé et faible, tout en maintenant une comparabilité plus détaillée entre les secteurs de compétence. Les données de MSA au niveau de l'ID peuvent être combinées à d'autres caractéristiques sociodémographiques d'autres sources (p. ex. Recensement de la population), afin de calculer des mesures de l'accessibilité aux services pour différentes cohortes démographiques, et des sous-populations définies selon le genre, l'appartenance à une minorité visible, le niveau de revenu, la situation d'emploi, etc.

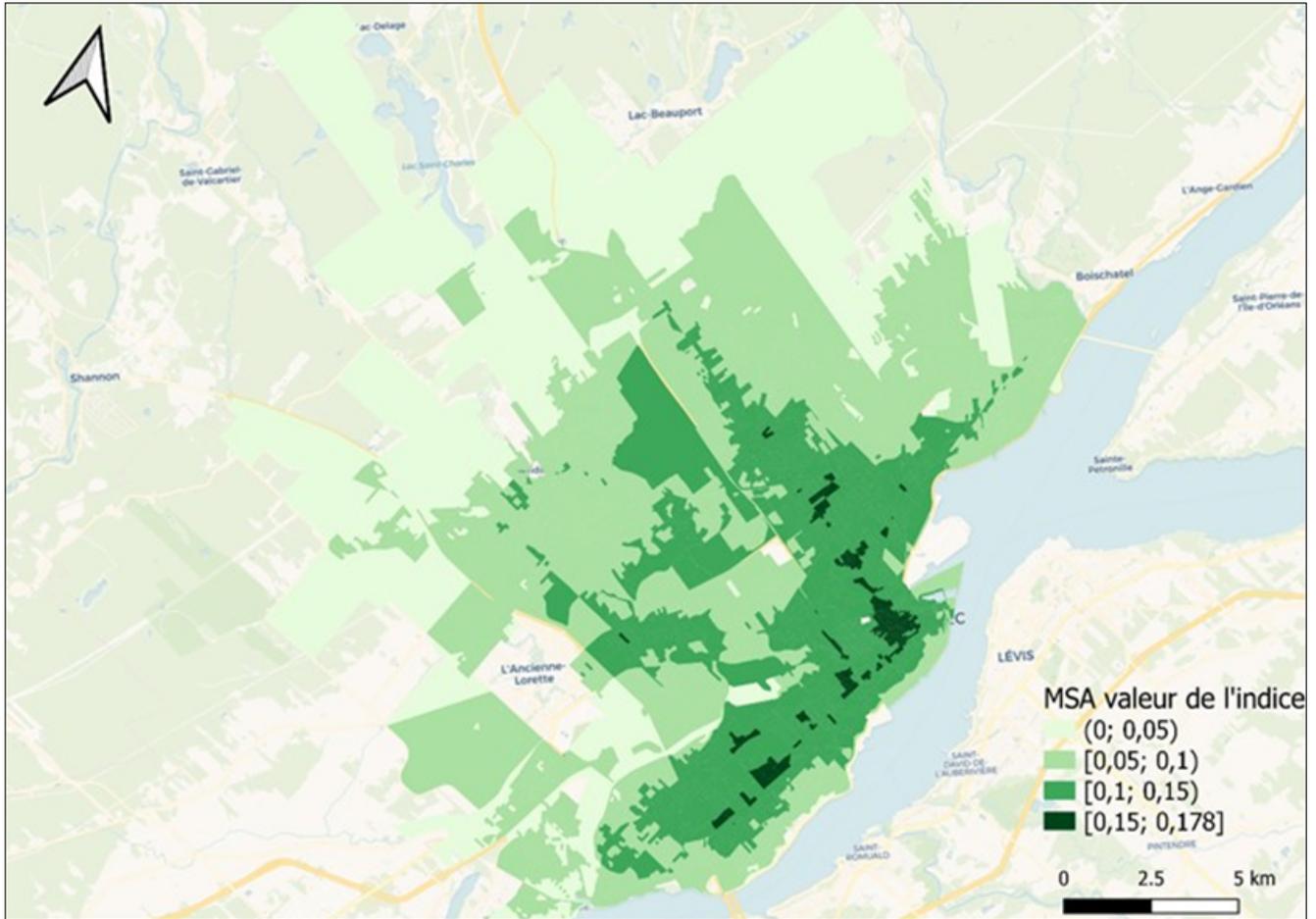
**Figure 6-a**  
**Accès aux établissements de soins de santé par transport en commun en période de pointe à Calgary**



**Note :** La symbologie est fondée sur des intervalles de 0,05 jusqu'à un maximum de 0,324 pour le SDR de Calgary et 0,178 pour le SDR de Ville de Québec. Les intervalles composés uniquement de zéros ont été supprimés de la symbologie. Les valeurs d'indice sont échelonnées de 0 à 1, où 0 correspond à la valeur minimale pour l'ensemble du Canada, tandis que 1 correspond à la valeur maximale pour l'ensemble du Canada. Étant donné que les valeurs d'indice sont relatives aux valeurs minimales et maximales à l'échelle nationale, la plupart des valeurs semblent assez proches de 0.

**Source :** Statistique Canada, Centre des projets spéciaux sur les entreprises, contributeurs © OpenStreetMap, © CARTO.

**Figure 6-b**  
**Accès aux établissements d'enseignement par transport en commun en période de pointe à Québec**



**Note :** La symbologie est fondée sur des intervalles de 0,05 jusqu'à un maximum de 0,324 pour le SDR de Calgary et 0,178 pour le SDR de Ville de Québec. Les intervalles composés uniquement de zéros ont été supprimés de la symbologie. Les valeurs d'indice sont échelonnées de 0 à 1, où 0 correspond à la valeur minimale pour l'ensemble du Canada, tandis que 1 correspond à la valeur maximale pour l'ensemble du Canada. Étant donné que les valeurs d'indice sont relatives aux valeurs minimales et maximales à l'échelle nationale, la plupart des valeurs semblent assez proches de 0.

**Source :** Statistique Canada, Centre des projets spéciaux sur les entreprises, contributeurs © OpenStreetMap, © CARTO.

## 7 Discussion et limites

Comme il a été mentionné tout au long du présent rapport, les données et les méthodes comportaient plusieurs limites. Aux fins de la présente analyse, le transport en commun désignait des réseaux de transport à itinéraires fixes et réguliers mis à la disposition du grand public. Cela signifie que les services sur demande, habituellement pour les utilisateurs ayant des besoins spéciaux en matière d'adaptation ou dans les petites collectivités, ont été exclus des mesures. Par conséquent, les régions plus densément peuplées ont généralement une couverture plus à jour et plus complète que les régions rurales. De plus, les services de transport interurbain nécessitant des réservations préalables n'ont pas été inclus; ce qui a exclu BC Ferries et VIA Rail de l'analyse.

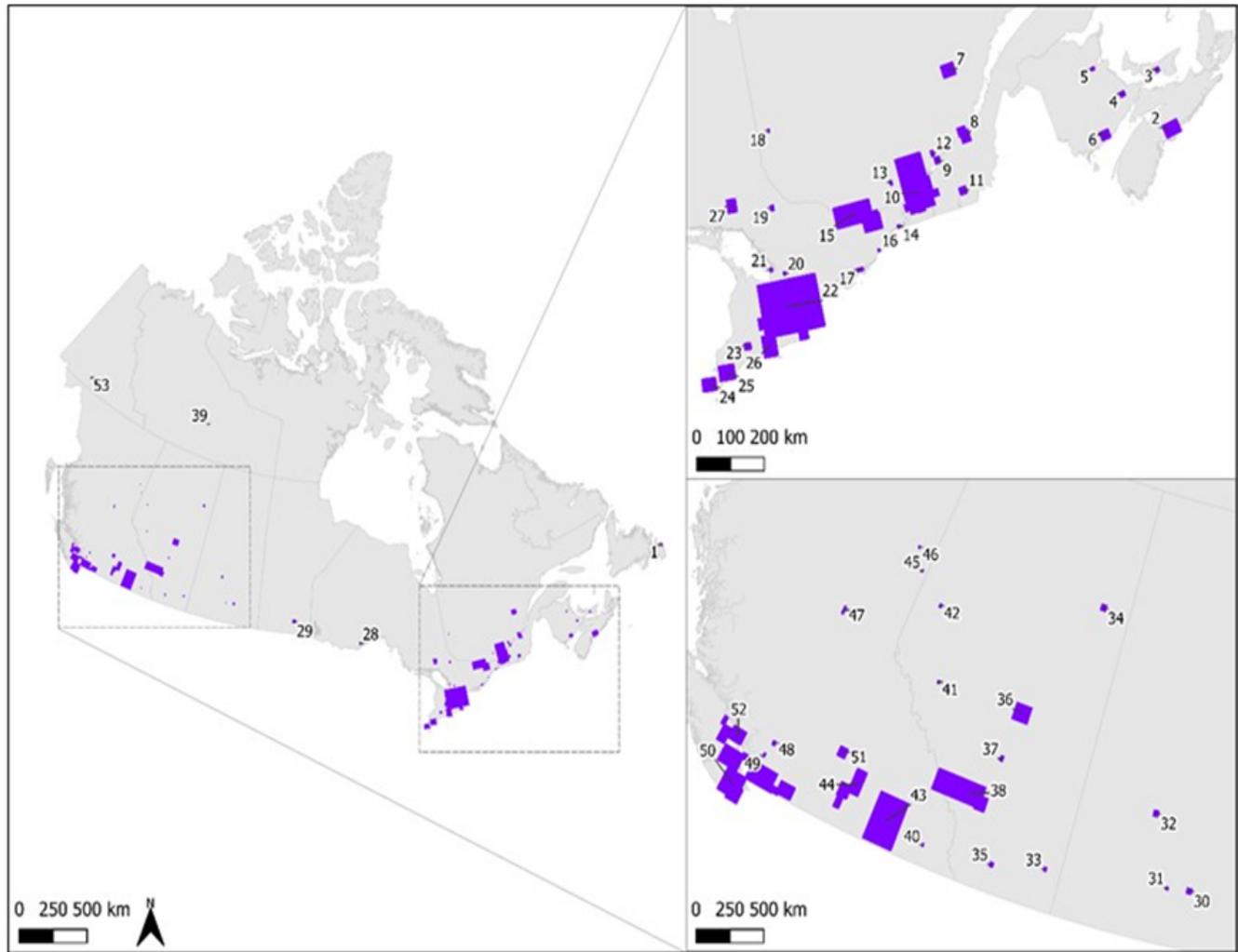
Deuxièmement, la nature statique des données GTFS utilisées dans le modèle signifie que seul un instantané du réseau de transport en commun à une date donnée a été représenté. Les données les plus récentes disponibles ont été utilisées pour créer des estimations de chaque fournisseur de services de transport en commun. Pour les régions comptant plusieurs exploitants de transport en commun, comme Ottawa–Gatineau–La Pêche, des données statiques comportant des périodes de chevauchement ont été utilisées pour assurer l'exactitude des estimations des trajets entre les exploitants. Cela signifie que nos indicateurs ne reflétaient pas la réalité exacte d'une date donnée, mais plutôt un trajet concevable à l'aide des données disponibles. Malgré la prise en compte de la variance dans les horaires au cours d'une journée par le paramètre de période de  $r5r$  (c.-à-d. calcul de l'itinéraire chaque minute entre 7 h et 9 h aux heures de pointe), les variances saisonnières des horaires ainsi que des circonstances comme la COVID-19 ayant une incidence sur les horaires n'ont pas été prises en compte pour des raisons de simplicité. Dans presque tous les secteurs de compétence, les fournisseurs de services ont modifié les itinéraires et les horaires pour tenir compte de la nature évolutive du transport en commun pendant une pandémie mondiale. Ces changements variaient grandement et souvent, notamment la limitation des services pour tenir compte de la diminution de la circulation du public causée par les mesures générales de confinement ou des restrictions liées à des événements particuliers. Bien que cela ait eu une incidence sur les données dans cette itération, le but était de tenter de fournir un portrait plus précis des réalités auxquelles font face ceux qui cherchent à utiliser le transport en commun pendant ces périodes.

Troisièmement, il y a des limites au réseau de base lui-même. Par exemple, des erreurs de classification des balises peuvent se produire, en particulier dans les zones où il y a moins de contributeurs OSM. Ces erreurs de balisage peuvent s'aggraver lors du passage au processus de routage, car elles ajoutent une erreur au routage le moins coûteux. Ainsi, il est possible que des sentiers non sécuritaires ou même illégaux (p. ex., faire du vélo sur les trottoirs) soient considérés comme praticables; Cependant, ces cas sont limités. De plus, à mesure que les outils et les données de cartographie géospatiale s'améliorent et que le nombre de contributeurs augmente, la robustesse du réseau OSM et de ses balises ne cesse de s'améliorer.

Des limites sont inévitables quant à la mesure de l'accès aux commodités et aux services au moyen d'une approche fondée sur un modèle, compte tenu des hypothèses sous-jacentes devant être appliquées. En général, ces hypothèses comprennent ce qui suit : 1) la façon dont les origines sont définies; 2) la façon dont les destinations ainsi que leur présence et la taille du service sont représentées; 3) l'algorithme d'itinéraire sélectionné et les paramètres requis connexes (p. ex. période, vitesse de marche, distance maximale, préférences d'itinéraire) appliqués pour calculer les durées; 4) la fonction de décroissance de la distance utilisée pour tenir compte de la volonté de se déplacer. À leur tour, des techniques telles que l'application de normes décrites dans la documentation existante et l'exploitation des données d'enquête (à savoir l'ESG) pour déterminer les paramètres appropriés (p. ex. vitesse maximale de marche, durée médiane du trajet vers les commodités) ont été mises en œuvre pour garantir des hypothèses fondées sur des données et des faits. Cela dit, d'autres essais de sensibilité pourraient être explorés pour mieux évaluer et peaufiner les techniques appliquées, afin de produire des mesures personnalisées selon chaque type de commodité ou de service.

Figure 7

Carte de la région de transport en commun (c.-à-d. intersection de zones de délimitation d'arrêts GTFS) à l'échelle du Canada



Source : Calculs des auteurs.

## Annexe A

**Tableau 3**  
**Paramètres d'établissement des coûts utilisés pour les itinéraires à vélo de Valhalla**

Options de bicyclette	Description	Valeur
bicycle_type	Explique le type de bicyclette utilisé. La valeur par défaut est Hybride : bicyclette principalement utilisée pour les routes urbaines ou les routes/sentiers occasionnels ayant de bonnes surfaces.	Hybrid
cycling_speed	Vitesse moyenne de déplacement sur des routes lisses et plates.	18 km/h
use_roads	Propension des cyclistes à emprunter des routes aux côtés d'autres véhicules. La valeur varie de 0 à 1, où 0 indique une forte préférence pour des pistes cyclables plutôt que des routes et 1 indique que l'utilisateur est à l'aise d'emprunter toutes les routes.	0,0
use_hills	Les cyclistes souhaitent emprunter des collines et des pentes plus élevées. La valeur varie de 0 à 1, où 0 indique la préférence d'éviter les collines et les pentes abruptes, et 1 indique que l'utilisateur ne craint pas les collines ou les routes abruptes (c.-à-d. indifférence entre les itinéraires vallonnés ou plats d'une même longueur).	0,0
use_ferry	Disposition à prendre des traversiers.	0,5
use_living_streets	Disposition à prendre des rues d'ambiance <sup>1</sup> . Des rues d'ambiance pourraient être nécessaires pour effectuer le parcours.	0,5
avoid_bad_surfaces	Désir d'éviter les routes dont la surface est mauvaise ou rugueuse par rapport au type de bicyclette utilisé.	0,25
shortest	Paramètre pour indiquer le changement de mesure à pratiquement le plus court; établissement des coûts uniquement en fonction de la distance.	FALSE

1. voir : [OpenStreetMap Wiki - Living Street](#).

Source : tableau tiré de la documentation de Valhalla sur les modèles d'établissement des coûts.

**Tableau 4**  
**Paramètres d'établissement des coûts utilisés pour les itinéraires à pied de Valhalla**

Options de marche	Description	Valeur
walking_speed	Vitesse de marche en kilomètres à l'heure.	3,6 km/h
walkway_factor	Facteur multipliant le coût lors de l'utilisation de sentiers ou trottoirs désignés le long de routes résidentielles. Une valeur de 1 indique une préférence pour l'utilisation de voies piétonnière.	1,0
sidewalk_factor	Facteur multipliant le coût lors de l'utilisation de routes avec des trottoirs désignés. Une valeur de 1 indique une préférence pour l'utilisation de trottoirs.	1,0
alley_factor	Facteur multipliant le coût lors de l'utilisation de ruelles ou des routes de service étroites.	2,0
driveway_factor	Facteur multipliant le coût lors de l'utilisation de voies d'accès, souvent des routes de service privées.	5,0
step_penalty	Pénalité en secondes ajoutée à chaque transition sur un parcours comprenant des marches ou des escaliers.	30 s
use_hills	Désir du piéton d'emprunter des collines et itinéraires à élévations. La valeur varie de 0 à 1, où 0 indique la préférence d'éviter les collines et les pentes abruptes, et 1 indique que le piéton ne craint pas les collines ou les routes abruptes (c.-à-d. indifférence entre les itinéraires vallonnés ou plats d'une même longueur).	0,5
use_ferry	Volonté d'un piéton de prendre un traversier pour effectuer le trajet. La valeur se situe entre 0 et 1. Une valeur proche de 0 évite les itinéraires comprenant un traversier et une valeur proche de 1 favorise les traversiers.	0,5
use_living_streets	Volonté d'un piéton d'emprunter des rues d'ambiance <sup>1</sup> . Des rues d'ambiance pourraient être nécessaires pour effectuer le parcours. La valeur varie de 0 à 1, où une valeur supérieure indique que les piétons préfèrent des itinéraires plus panoramiques ou moins affairés plutôt que des itinéraires plus courts ou plus rapides. Cette balise n'est pas couramment utilisée au Canada.	0,6
shortest	Paramètre pour indiquer le changement de mesure à pratiquement le plus court; établissement des coûts uniquement en fonction de la distance.	FALSE

1. voir : [OpenStreetMap Wiki - Living Street](#).

Source : tableau tiré de la documentation de Valhalla sur les modèles d'établissement des coûts.

## Références

Alasia, Alessandro, Frédéric Bédard, Julie Bélanger, Eric Guimond et Christopher Penney. (2017). « Mesurer l'éloignement et l'accessibilité : un ensemble d'indices applicables aux collectivités canadiennes. » Rapports sur les projets spéciaux sur les entreprises, Statistique Canada.

Alasia, Alessandro, Nick Newstead, Joseph Kuchar et Marian Radulescu. (2021). « Mesure de la proximité des services et des commodités : ensemble expérimental d'indicateurs pour les quartiers et les localités. » Rapports sur les projets spéciaux sur les entreprises, Statistique Canada.

Allen, Jeff et Stephen Farber. (2019). « Sizing up transport poverty: A national scale accounting of low-income households suffering from inaccessibility in Canada, and what to do about it. » *Transport Policy*, 74, 214-223. doi : 10.1016/j.tranpol.2018.11.018.

Bauer, J. et DA. Groneberg. (2016). « Measuring Spatial Accessibility of Health Care Providers - Introduction of a Variable Distance Decay Function within the Floating Catchment Area (FCA) Method. » *PLoS ONE* 11(7) : e0159148. doi:10.1371/journal.pone.0159148.

Conway, Matthew Wigginton, Andrew Byrd et Michael van Eggermond. (2018). « [Accounting for Uncertainty and Variation in Accessibility Metrics for Public Transport Sketch Planning](https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.1074). » *Journal of Transport and Land Use* .11 (1). <https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.1074>.

Conway, Matthew Wigginton, Andrew Byrd et Marco van der Linden. (2017). « [Evidence-Based Transit and Land Use Planning Using Interactive Accessibility Methods on Combined Schedule and Headway Based Networks](https://doi.org/10.3141/2653-06). » *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2653 (1) : 45-53. <https://doi.org/10.3141/2653-06>.

Cui, M. et D. Levinson. (2020). [Primal and Dual Access](https://doi.org/10.1111/gean.12220). *Geogr Anal*, 52 : 452-474. <https://doi.org/10.1111/gean.12220>.

Delling Daniel, Thomas Pajor et Renato F. Werneck. (2014). « [Round-Based Public Transit Routing](https://doi.org/10.1137/1.9781611972924.13). » *SIAM*. <https://doi.org/10.1137/1.9781611972924.13>.

El-Geneidy, Ahmed, Michael Grimsrud, Rania Wasfi, Paul Tétreault et Julien Suprenant-Legault. (2014). « [New evidence on walking distances to transit stops: identifying redundancies and gaps using variable service areas](https://doi.org/10.1007/s11116-013-9508-z). » *Transportation* 41, 193-210. <https://doi.org/10.1007/s11116-013-9508-z>.

Farber, S., M. Winters et M. Palm. (2022). *Cycling and Walking Access Metrics: Findings and Recommendations*. Mobilizing Justice.

Kwan, Mei-Po. (1998). « Space-Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis Using a Point-based Framework. » *Geographical Analysis* 30(3).

Palacios, Manuel Santana et Ahmed El-Geneidy. (2022). « [Cumulative versus gravity-based accessibility measures: Which one to use?](https://doi.org/10.32866/001c.32444) » *Transport Findings*, February. Doi : <https://doi.org/10.32866/001c.32444>.

Palm, M. et S. Farber. (2022). *National Accessibility Metrics Workshop: Findings and Recommendations*. Mobilizing Justice.

Pereira, Rafael H.M., Marcus Saraiva, Daniel Herszenhut et Carlos Kaue Braga. (2021). « [R5r: Rapid Realistic Routing on Multimodal Transport Networks with R5 in R](https://doi.org/10.32866/001c.21262). » *Findings*, March. <https://doi.org/10.32866/001c.21262>.

Zhang, Hongyu et Jacek Malczewski. (2018). « [Accuracy Evaluation of the Canadian OpenStreetMap Road Networks](https://dc.uwm.edu/ijger/vol5/iss2/1). » *International Journal of Geospatial and Environmental Research*; vol. 5, n° 2, article 1. <https://dc.uwm.edu/ijger/vol5/iss2/1>