



La « perméabilité filtrée » : le secret des grandes villes cyclables?

Maxime Savaria

Laboratoire d'équité environnementale (LAEQ)
INRS Urbanisation Culture Société Montréal



Transformer nos milieux de vie par le vélo
le 26 octobre 2022



Institut national
de la recherche
scientifique

Introduction

Qu'est-ce qui explique que le vélo se soit taillé une place plus importante que celle de l'automobile dans certaines villes européennes?

- Forte présence d'infrastructures cyclables confortables et sécuritaires?
- Importante culture liée au vélo?
- Courtes distances de parcours?

De nouvelles recherches indiquent qu'un autre élément moins connu et étudié y joue un rôle clé :

- **La « perméabilité filtrée »**



Photo: Dmitry B. Source : Unsplash, photos for everyone

Mise en contexte

Maxime Savaria

Diplômé, maîtrise en études urbaines

- Laboratoire d'équité environnementale (LAEQ)
- Centre Urbanisation, Culture et Société (Centre UCS)
- Institut National de la Recherche Scientifique (INRS)

Directeur de recherche

- Philippe Apparicio

Co-directeur de recherche

- Mathieu Carrier



UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE – URBANISATION CULTURE SOCIÉTÉ

ANALYSE DU NIVEAU DE PERMÉABILITÉ FILTRÉE DANS PLUSIEURS
VILLES À TRAVERS LE MONDE

Le principe bien-aimé mais inconnu des villes cyclables

Par

Maxime SAVARIA

Baccalauréat en ingénierie – génie civil

Mémoire présenté pour obtenir le grade de

Maître ès sciences, M.Sc.

Maîtrise en études urbaines

Programme offert conjointement par l'INRS et l'UQAM

Septembre 2021

© Maxime SAVARIA, 2021

Plan de la présentation

- ❖ Définition
- ❖ Mesures de perméabilité filtrée
- ❖ Indice de perméabilité filtrée
- ❖ La perméabilité filtrée à travers le monde
- ❖ Discussion : approche en planification des transports



Définition

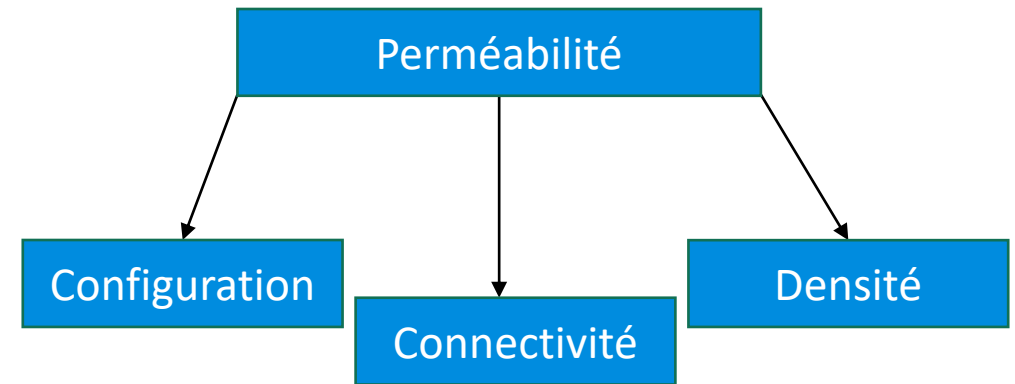


Définition

Perméabilité : capacité d'un réseau à permettre le mouvement (Stangl 2019), caractérise la liberté de mouvement d'un usager sur un réseau

Se décline en **trois dimensions** (W. E. Marshall, Piatkowski et Garrick 2014)

1. **Configuration** : topologie du réseau, soit à la relation entre ses différents constituants
2. **Connectivité** : degré de ce connexion entre les différents nœuds et liens d'un réseau
3. **Densité** : intensité de la présence du réseau sur le territoire



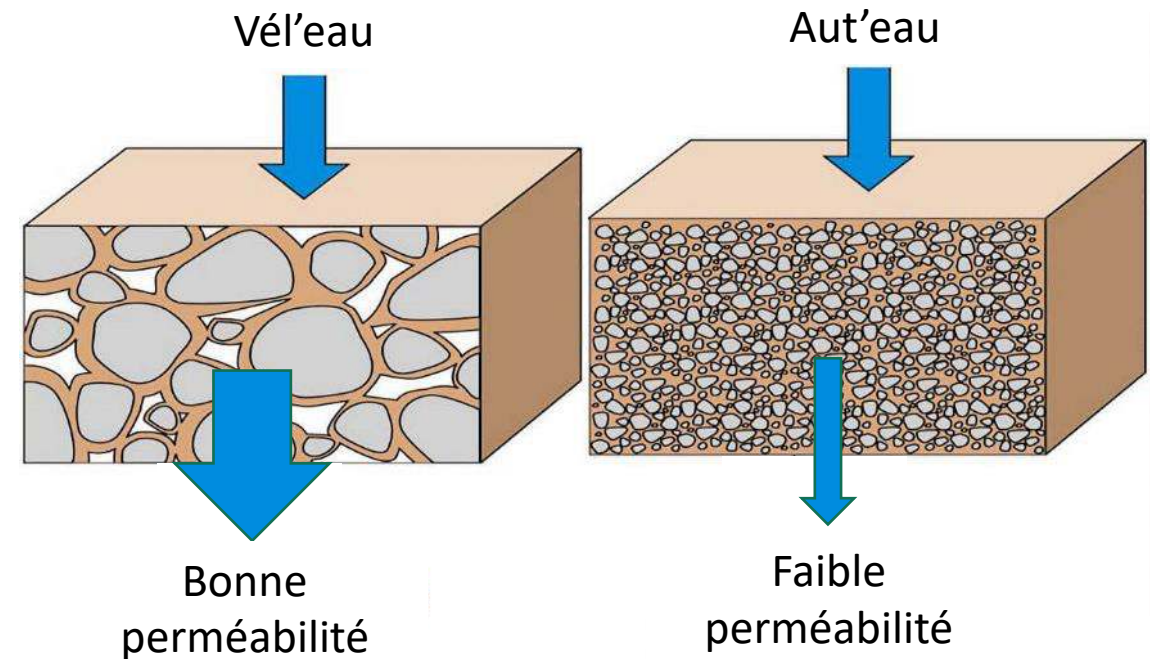
Définition

Perméabilité filtrée (PF) : la liberté de mouvement d'une personne est plus grande si elle se déplace en modes durables comparativement à en automobile (Melia 2008)

La recherche se concentre sur le vélo

Objectif : encourager l'utilisation du vélo au détriment de l'automobile en réduisant les distances à parcourir

- Le réseau accessible en vélo doit être plus perméable que celui pour l'automobile, soit plus étendu (configuration), mieux connecté (connectivité) et plus dense (densité)
- Un déplacement à vélo sera ainsi plus direct, ce qui aura pour effet de « filtrer » l'automobile
- Permet de :
 - Rééquilibrer l'attractivité des modes de transport (Aldred et Croft 2019)
 - Favoriser une « désautomobilisation » des villes (Pouyanne 2004)



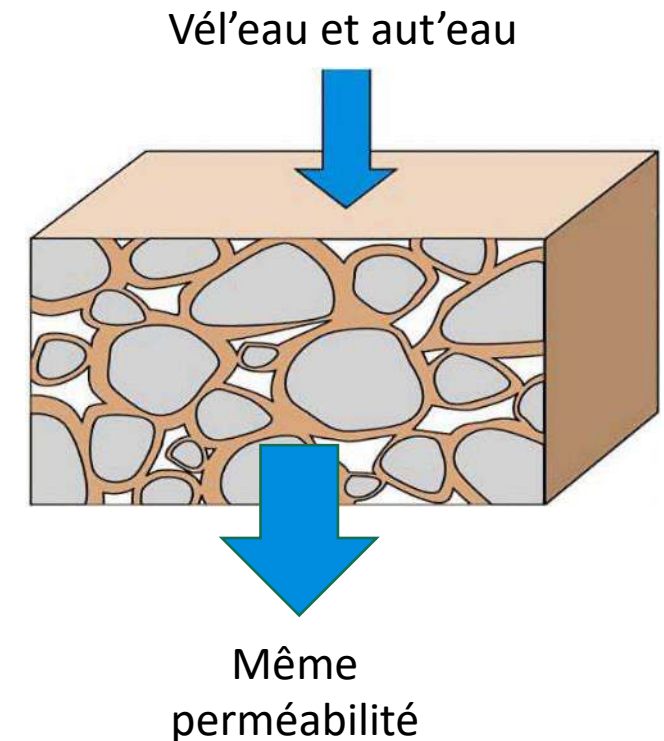
Définition

En opposition directe avec la **perméabilité dite « non filtrée »** qui est très présente dans le monde, surtout en Amérique du Nord (Melia, 2015)

- Territoire caractérisé par une perméabilité « non filtrée » : même distance de parcours pour tous les modes (ex : réseau en grille)
 - Le réseau est sensiblement le même pour tous (et celui développé pour l'automobile)
- Dans ces conditions, l'automobile est habituellement l'option la plus rapide et est alors plus souvent privilégiée (Rietveld et Daniel, 2004)



Photo : Google Maps ; réseau sous forme de grille (New York)





Mesures de perméabilité filtrée



Mesures de perméabilité filtrée

5 mesures permettent d'influencer le niveau de perméabilité filtrée

- Peuvent aussi être qualifiés de **filtres modaux**
- Objectif : **faciliter** le plus possible le **mouvement des cyclistes** et réguler celui des automobilistes

Mesures de perméabilité filtrée

Voie dédiée

Obstacle physique

Infrastructure cyclable sur sens unique

Signalisation

Apaisement de la circulation

1 – Voie dédiée

Routes uniquement réservées aux cyclistes (passerelle, tunnel, piste cyclable en site propre)

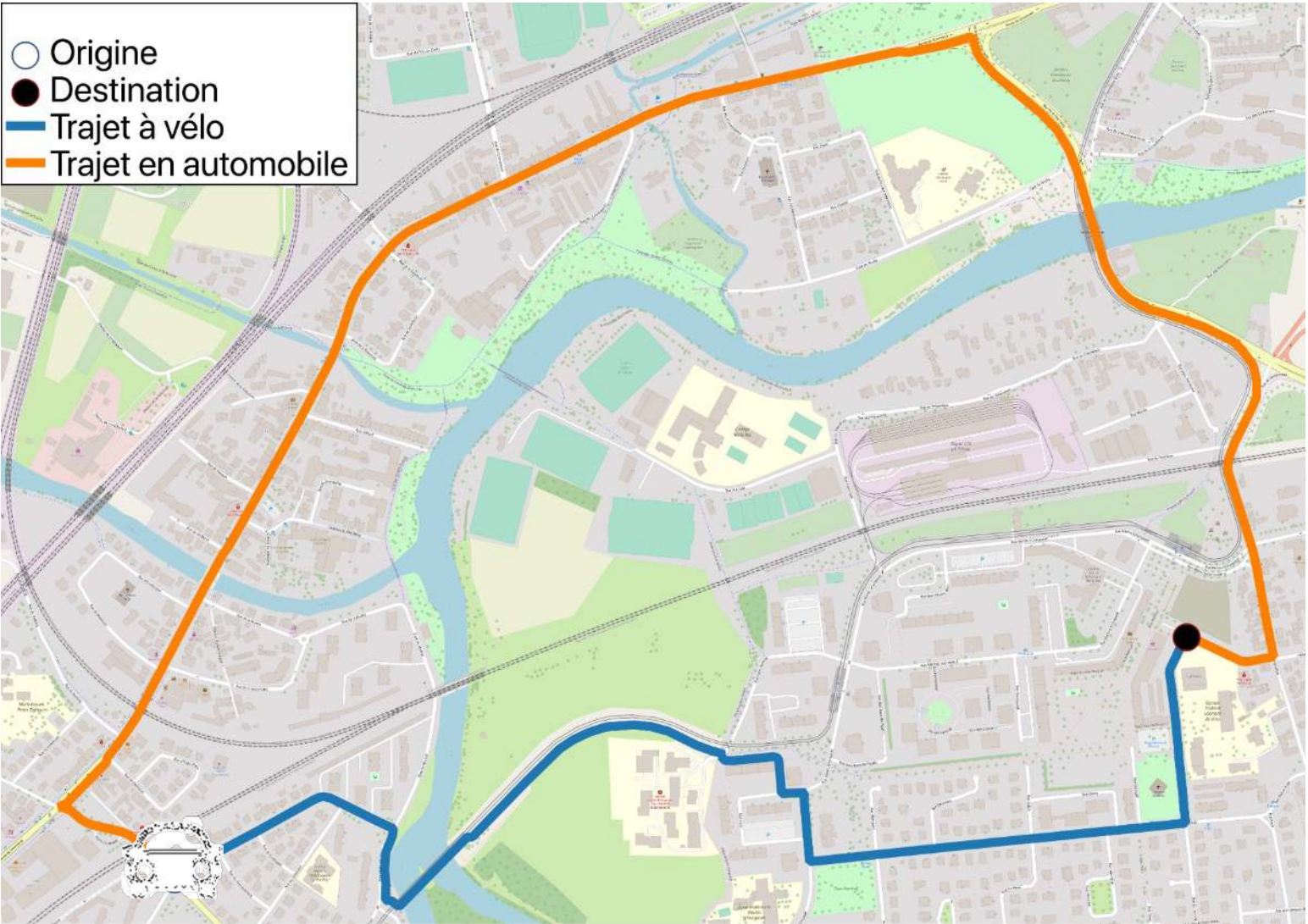
Objectif : offrir les itinéraires les plus directs aux cyclistes

- Pour réduire la distance de parcours (raccourcis pour les cyclistes par rapport à l'automobile)
- Idéal : permet de franchir des barrières physiques (cours d'eau, chemin de fer, autoroute, etc.)



Passerelle cyclable franchissant un cours d'eau ; Saint-Omer (France)

1 – Voie dédiée



Carte produite dans QGIS ; Ville de Strasbourg (France)

2 – Obstacle physique

Aménagement de barrières permettant de limiter l'accès à certains tronçons de rue aux automobiles tout en permettant le passage des cyclistes

- Terre-plein, poteaux, bloc de béton, etc.
- Peut créer l'effet d'un cul-de-sac seulement pour les véhicules motorisés



Photo: Maxime Savaria 2021 ; exemple d'un obstacle physique comme mesure de perméabilité filtrée (rue Saint-Joseph à Montréal)



Source : Melia (2015, figure 7.3) ; exemple d'un obstacle physique comme mesure de perméabilité filtrée (ville de Malmö en Suède)

3 – Infrastructure cyclable sur sens unique

Présence d'infrastructure(s) cyclable(s) sur une rue à sens unique permettant aux cyclistes de circuler dans les deux directions

- Peut se faire par la présence d'un aménagement cyclable uniquement en sens inverse



Bandes cyclables bidirectionnelle sur une rue à sens unique
Photo: Google Maps ; intersection rue Laurier/Marquette (Montréal)



Bande cyclable en sens inverse de la circulation automobile
Photo: Google Maps ; intersection rue la Fontaine/Valois (Montréal)

4 – Signalisation

Signalisation pour restreindre l'accès à un tronçon de rue aux véhicules motorisés, mais pas pour les cyclistes (en l'absence d'aménagement cyclable)

- Interdiction de circuler uniquement pour les automobiles, interdiction de virage à gauche, circulation locale seulement etc.



Photo: Google Maps ; intersection rue Cherrier/Sherbrooke (Montréal)

5 – Mesures d’apaisement de la circulation

Aménagement des rues et des intersections de façon à prioriser le vélo et à contrôler les comportements des automobilistes (croisement dénivelé, dos d’ânes, priorité aux intersections, marquage au sol, gestion des limites de vitesse etc.)

Objectif : augmenter le confort et la sécurité des cyclistes

- Contrairement aux autres mesures, n’influencent pas les distances de parcours
- Peuvent être utilisées en complémentarité des quatre autres mesures pour maximiser leur efficacité



Dos d’âne ; Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles ;
Source : [Info de Montréal](#)



Gestion des limites de vitesse



Sas vélo ; Source : [ville de Québec](#)



Indice de perméabilité filtrée



Indice de perméabilité filtrée

Première opérationnalisation du principe au travers d'un indice de perméabilité filtrée (PF) (Savaria et al., 2021)

- Quantifier le niveau de PF autour d'un point, soit le degré de différence de perméabilité entre les deux réseaux
- 3 indicateurs retenus, soit un par dimension (configuration, connectivité et densité)

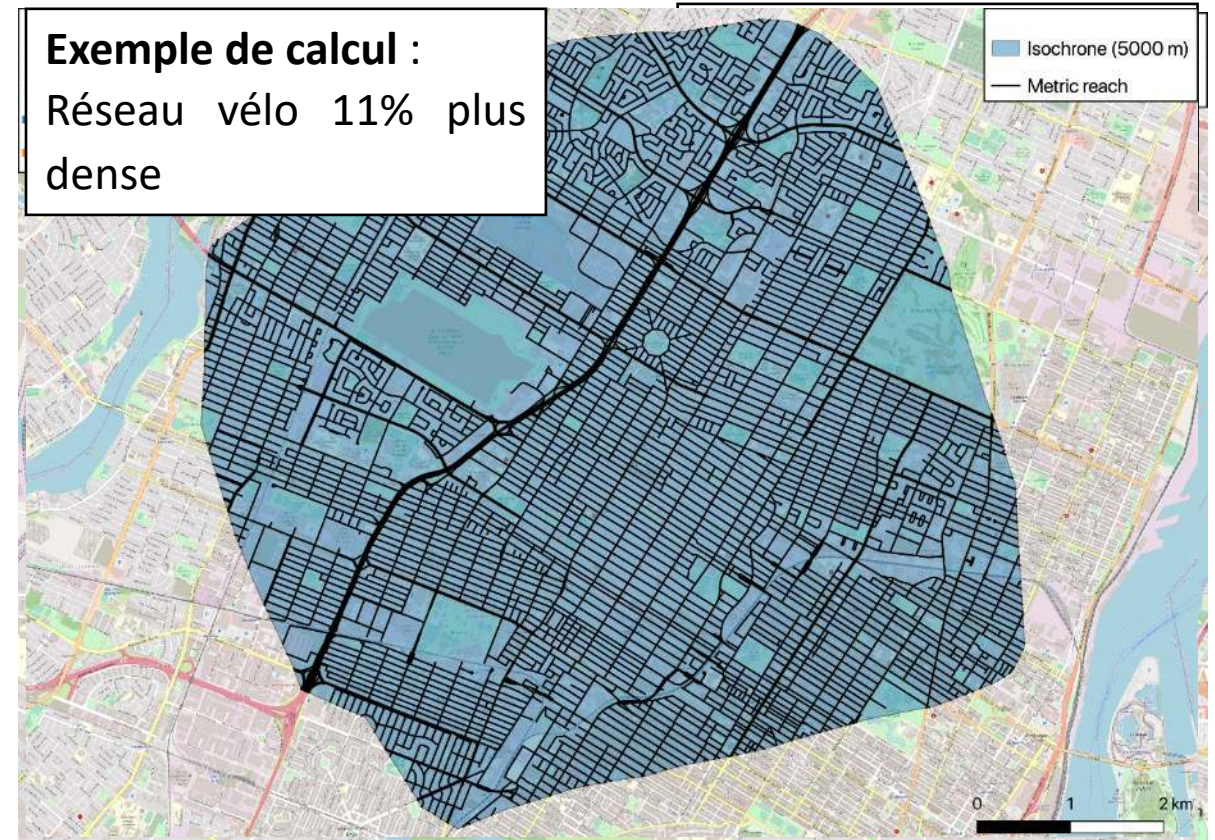
Configuration : isochrone (aire accessible)

Connectivité : capacité du réseau d'offrir un trajet direct

Densité : longueur totale de réseau

Indice de perméabilité filtrée : moyenne du degré de différence des trois dimensions

- La liberté de mouvement (perméabilité) d'un cycliste est 11% plus grande que celle d'un automobiliste

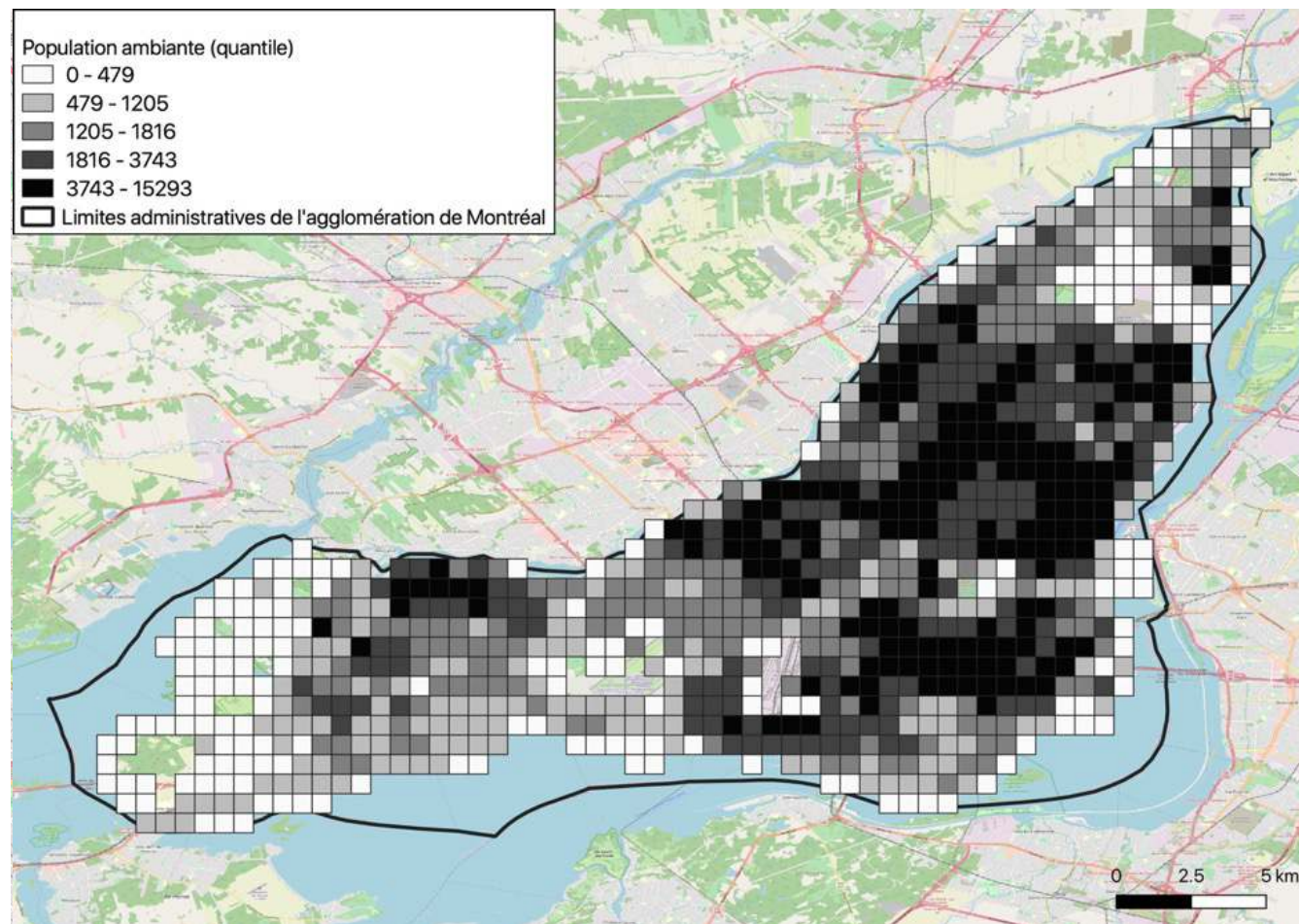


Niveau de perméabilité filtrée d'une ville

- Calcul de l'indice effectué à plusieurs reprises au sein du territoire à l'étude
- À partir du centre de cellules (1km * 1km) couvrant la ville
 - Provient du jeu de données *LandScan*
 - Indique la population habitant dans chacune des cellules
- Niveau de PF au niveau d'une ville : moyenne pondérée de l'indice par la population

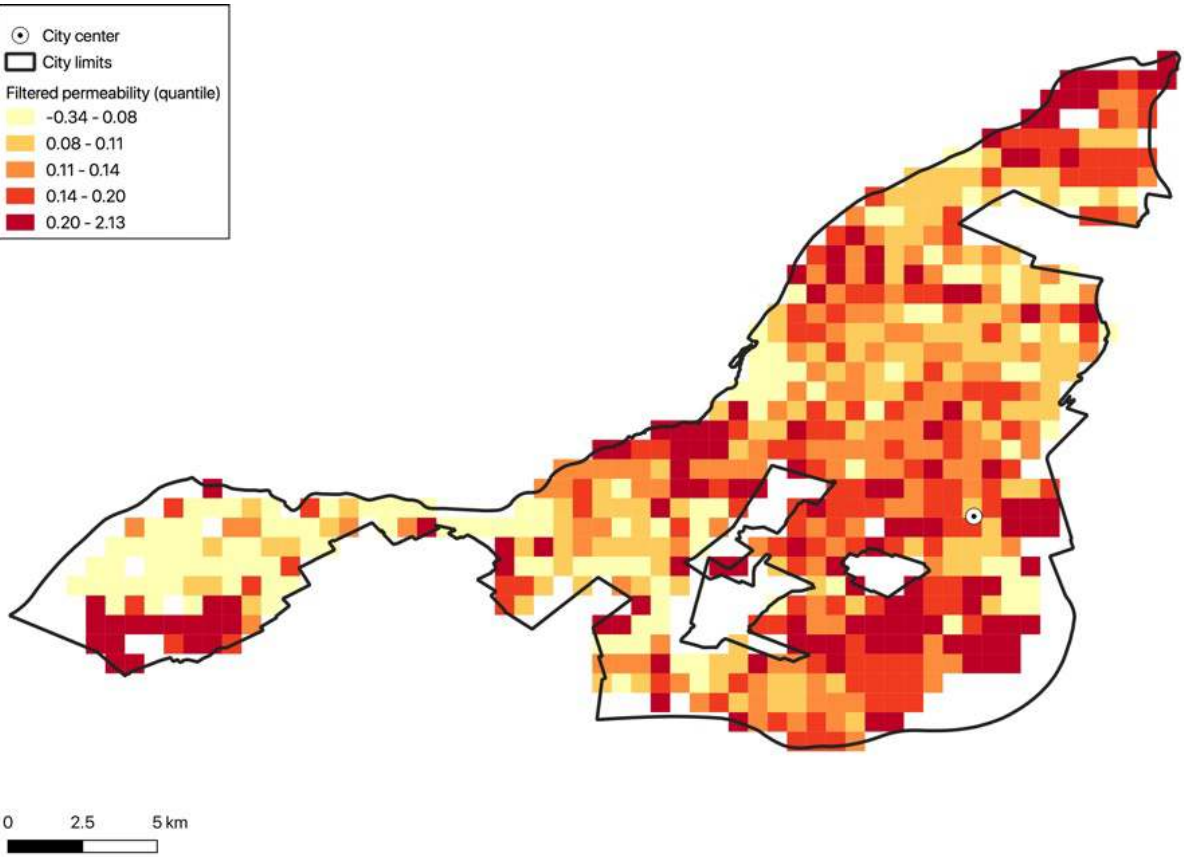
Exemples de résultats du niveau de PF moyen pondéré par la population

- ❖ Montréal : 0,14
- ❖ Québec : 0,15
- ❖ Helsinki : 1,01

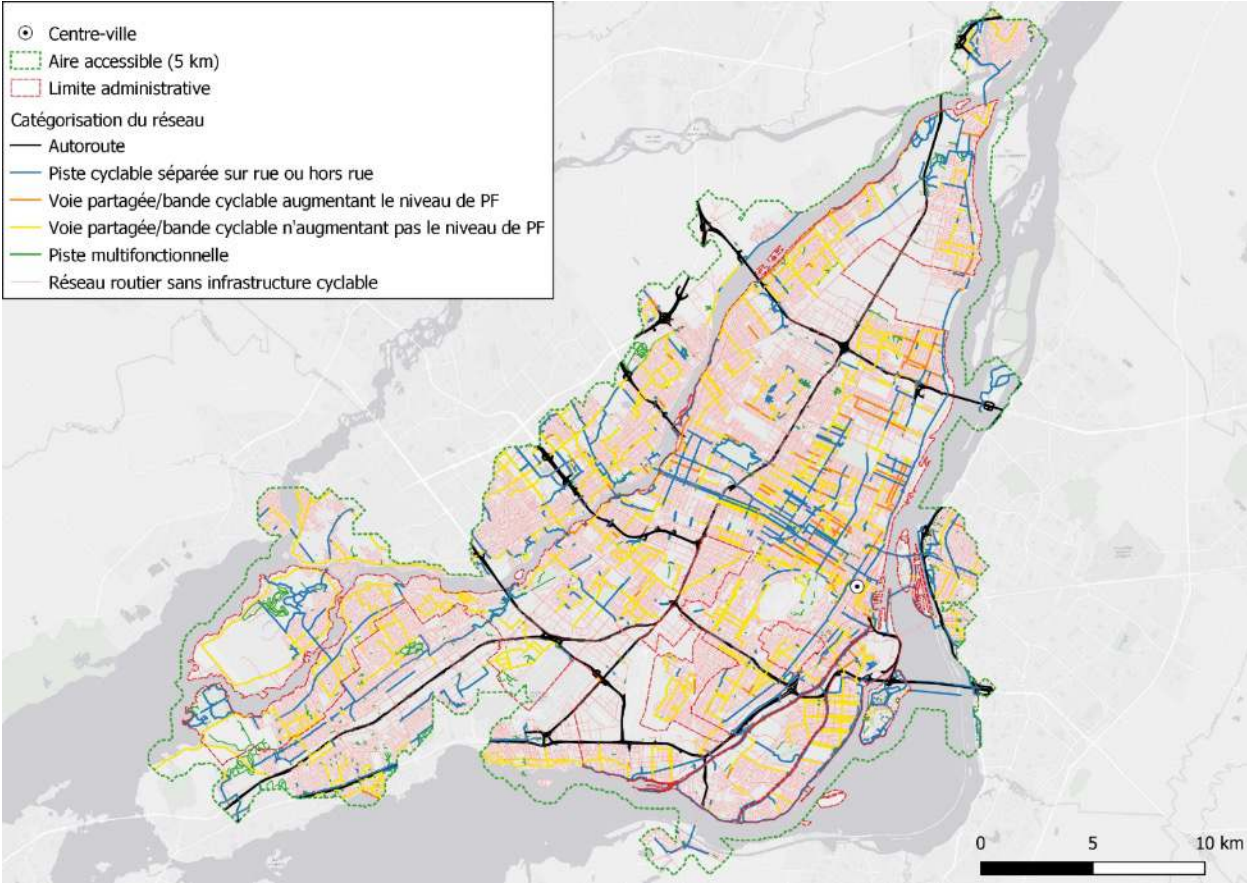


Exemple de cellules à partir desquelles l'indice de perméabilité filtrée est calculé
Carte produite dans QGIS ; agglomération de Montréal

Outils de planification - carte de perméabilité filtrée et de caractérisation du réseau cyclable



Niveau de perméabilité filtrée calculé par cellule ; Ville de Montréal
 Source : (Savaria 2021 ; figure 70)



Caractérisation du réseau cyclable ; Ville de Montréal
 Carte produite dans QGIS



La perméabilité filtrée à travers le monde



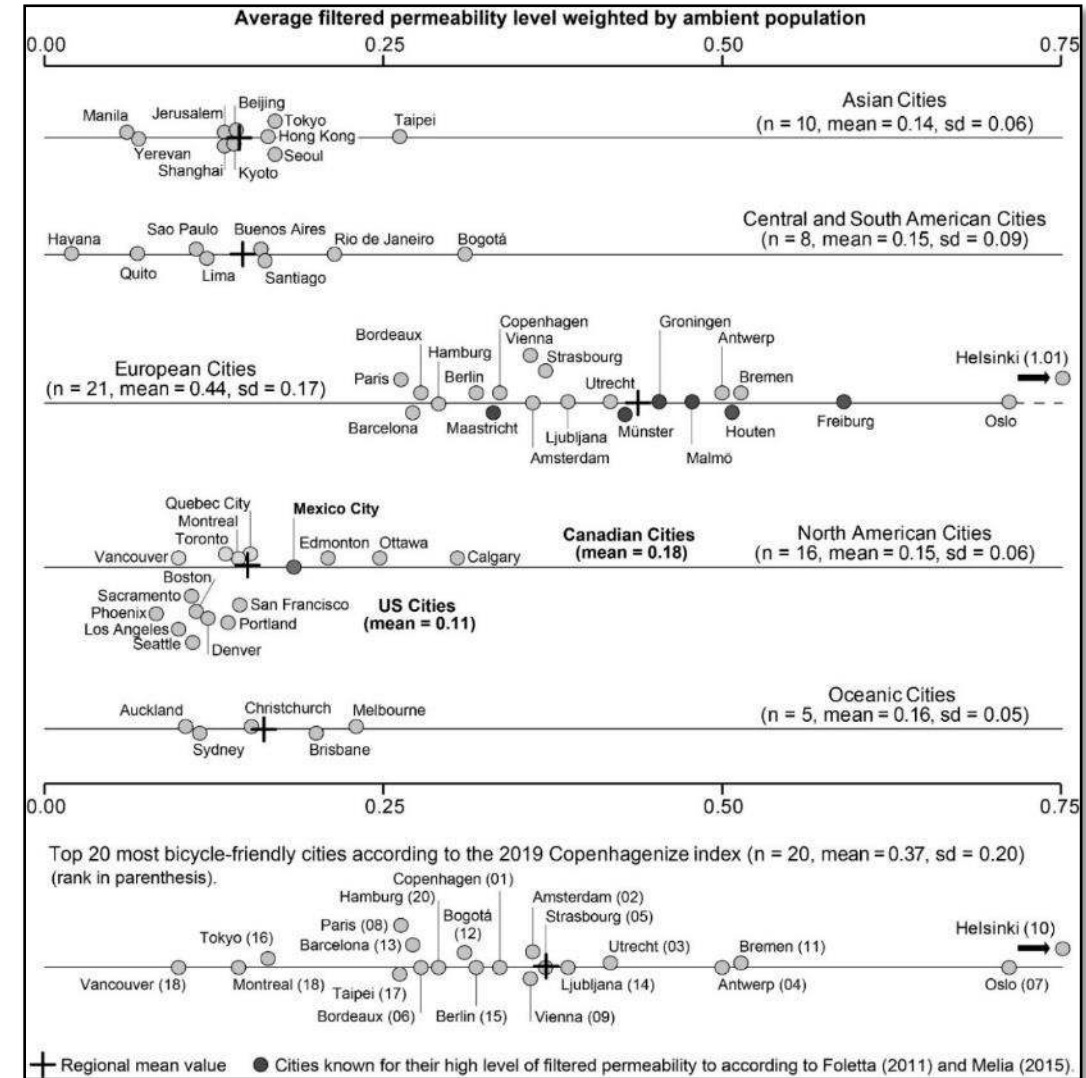
Perméabilité filtrée à travers le monde

Indice calculé dans 60 villes à travers le monde, regroupées en cinq grandes régions géographiques :

- Amérique du Nord (n=16) ; moy = 0,15
- Amérique centrale et du Sud (n=8) ; moy = 0,15
- Asie (n=10) ; moy = 0,14
- Europe (n=21) ; moy = 0,44
- Océanie (n=5) ; moy = 0,16

Résultats

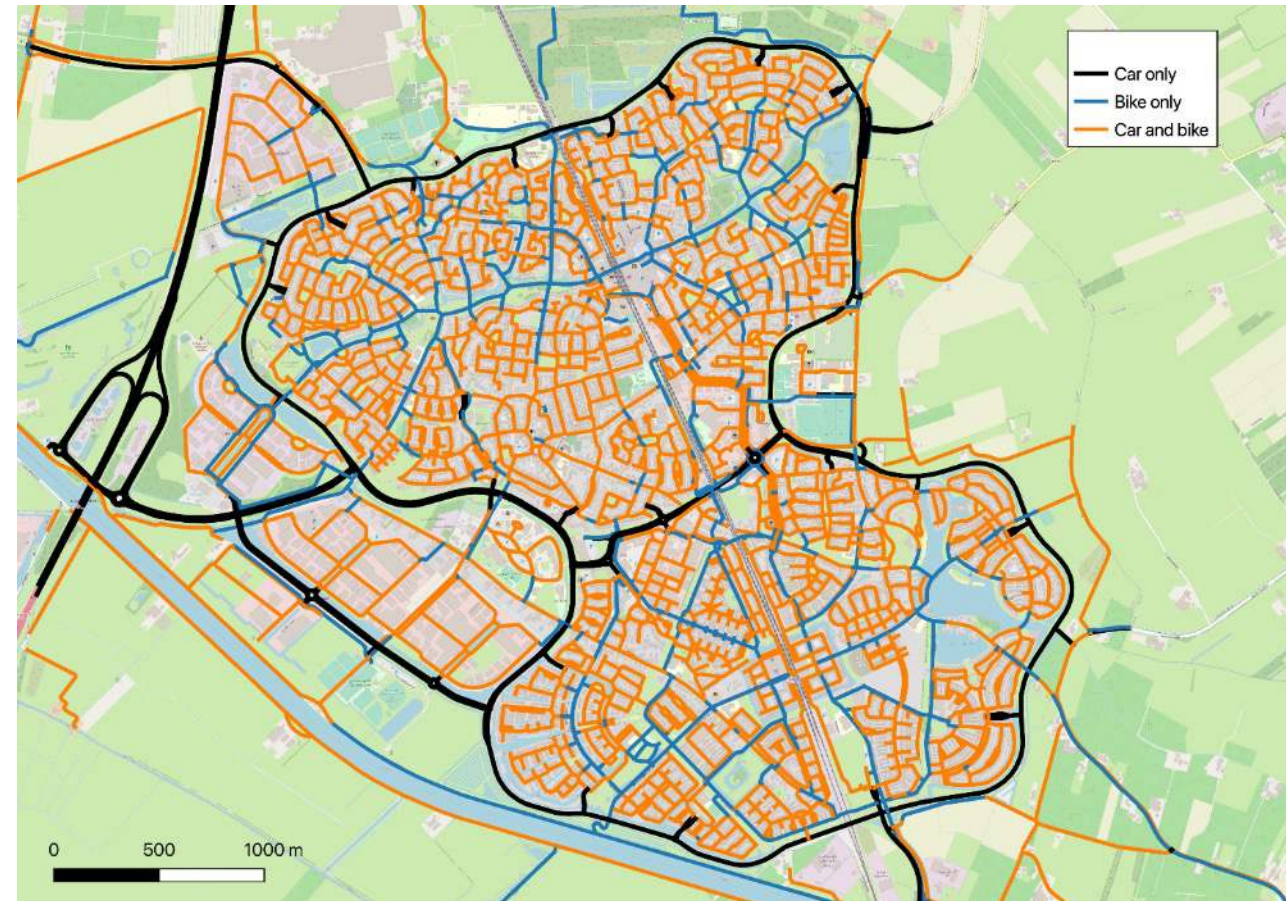
- Niveau de PF pondéré environ **trois fois plus élevé en Europe**
- **Niveau semblable** dans les 4 autres régions géographiques
- Particulièrement **faible** dans les **villes états-uniennes**



Niveau de perméabilité filtrée par région géographique (Savaria et al., 2021 ; figure 1)

Houten : un exemple frappant de perméabilité filtrée

- Ville au Pays-Bas (population : 50 000 en 2019)
- Construite vers 1980 en ayant comme objectif de favoriser les déplacements non-motorisés
- Fait de 31 zones résidentielles
 - Automobile : forcé d'utiliser les routes périphériques pour passer d'une zone à l'autre
 - Vélo : plusieurs infrastructures cyclables relient directement chacune des zones entre elles
- Plusieurs mesures d'apaisement de la circulation (30 km/h, croisement dénivelé, avantages aux intersections, etc.)
- La plupart des destinations d'intérêts (écoles, commerces, bureaux, etc.) situées le long d'une piste cyclable en site propre de 3,3 km
- Part modale de vélo : 44%
 - Utilisation de l'automobile 25% plus faible que dans des villes similaires (Foletta, 2011)





Discussion : approche en planification des transports



Raisonner en termes d'univers concurrentiel

Si l'on souhaite favoriser la pratique du vélo et réduire celle de l'automobile

Tout nouvel aménagement pourrait être guidé par la question suivante :

Permet-il d'offrir un avantage au vélo par rapport à l'automobile?

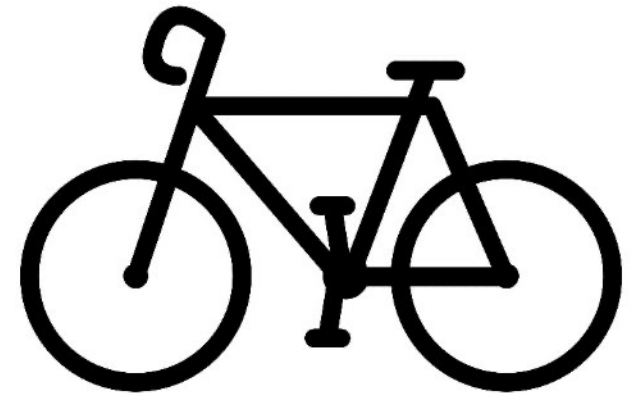


Il faut raisonner en termes d'univers concurrentiel entre ces deux modes de transport

- C'est l'écart de liberté de mouvement offert par les réseaux cyclable et automobile qu'il faut s'efforcer de bonifier
 - Pas optimal d'aménager uniquement des infrastructures cyclables permettant de circuler dans le même sens que la circulation automobile (distance à parcourir reste la même)
 - Objectif des autorités ne devrait pas se chiffrer seulement en kilomètres d'infrastructures cyclables ajoutés, mais surtout en augmentation du niveau de perméabilité filtrée

Maximiser le potentiel cyclable

- Maximise le potentiel cyclable d'une zone en créant un environnement urbain le plus propice possible à la pratique du vélo
 - Permet de répondre efficacement à la demande latente pour des déplacements à vélo
- Élargit l'éventail d'outils de planification en ne s'appuyant pas uniquement sur la construction d'infrastructures cyclables
 - Le réseau existant peut aussi être modifié par l'ajout d'obstacles physiques, de signalisation, en modifiant le sens de la circulation ou avec des mesures d'apaisement de la circulation
- Permet d'adapter la stratégie en fonction du type d'environnement urbain (certains territoires ont une morphologie urbaine plus compatible avec certaines mesures que d'autres)
- Peut être appliquée à de multiples échelles, soit au niveau de la rue, d'un îlot urbain, d'un quartier ou de l'ensemble de la ville.
 - Fait en sorte qu'elle peut être intégrée par les différentes parties prenantes de la ville (urbanistes, responsables de la planification, instances politiques)



Conclusion

- À la façon des grandes villes cyclables européennes, il conviendrait de prendre davantage en compte le caractère concurrentiel de la mobilité urbaine
 - Travailler à bonifier l'efficacité du réseau accessible à vélo comparativement à celui pour l'automobile
- Dans le contexte nord-américain : permettrait de contrebalancer des décennies de planification des transports visant avant tout à faciliter les déplacements en automobile, efforts qui ont été catastrophiques pour ceux à vélo (Héran, 2014)
- Par contre, il convient de signaler que l'acceptabilité de l'approche de perméabilité filtrée peut être difficile
 - De manière générale, toute action visant à restreindre l'utilisation des véhicules motorisés privés fait habituellement face à une résistance en raison d'un attachement à la conduite automobile (Tertoolen et al., 1998)
- Si les autorités veulent véritablement encourager une mobilité durable, la perméabilité filtrée peut être vue comme une approche efficace pour planifier la mobilité urbaine en favorisant l'utilisation du vélo et non plus celle de l'automobile

A Short History of Traffic Engineering

In industrialised cities:

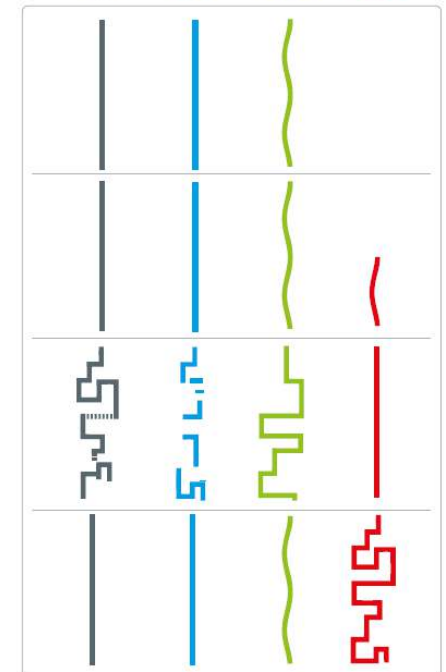


Before 1920: the compact city
Walking and cycling are the dominant modes of transport. Public transport has an important role in getting people from A to B.

1920 - 1950
Walking, cycling and public transport are still the most common modes of travel. The car appears in the city and has to adapt to the built up structure.

From 1950: the car-oriented city
The car is prioritised in planning. Every other mode of transport is subordinated to the car and has to adapt.

Planning for the livable city
In order to achieve a livable environment the sustainable modes of transport need to be prioritised.



Source : [The Transformative Mobility Initiative \(TUMI\)](#)

Références

- Aldred, Rachel et Joseph Croft. 2019. « Evaluating active travel and health economic impacts of small streetscape schemes: An exploratory study in London. » *Journal of transport & health* 12: 86-96.
- Aldred, Rachel, Joseph Croft et Anna Goodman. 2019. « Impacts of an active travel intervention with a cycling focus in a suburban context: One-year findings from an evaluation of London's in-progress mini-Hollands programme. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 123 : 147-169.
- Foletta, Nicole. 2011. « Houten. Utrecht, the Netherlands. Case study. » *Institute for Transportation and Development Policy*.
- Héran, F. (2014). *Le retour de la bicyclette: une histoire des déplacements urbains en Europe, de 1817 à 2050*. Paris : La Découverte, p. 255.
- Marshall, Wesley E, Daniel P Piatkowski et Norman W Garrick. 2014. « Community design, street networks, and public health. » *Journal of transport & health* 1 (4): 326-340.
- Melia, Steve. 2008. « Neighbourhoods should be made permeable for walking and cycling-but not for cars. » *Local Transport Today* (486).
- Melia, Steve. 2015. *Urban Transport Without the Hot Air, Volume 1: Sustainable Solutions for UK cities.*: Uit Cambridge.
- Pouyanne, Guillaume. 2004. « Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction mobilité-forme urbaine. Méthodologie et premiers résultats. » *Cahiers scientifiques du transport* 45 (1): 49-82.
- Rietveld, Piet et Vanessa Daniel. 2004. « Determinants of bicycle use: do municipal policies matter? » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 38 (7): 531-550.
- Savaria, M., Apparicio, P., Carrier, M. (2021). « Assessing filtered permeability around the globe: The unknown beloved principle of cycling cities ». *Transportation Research Part D*, vol. 97, no102964, p. 1-13.
- Stangl, Paul. 2019. « Overcoming flaws in permeability measures: modified route directness. » *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability* 12 (1): 1- 14. doi: 10.1080/17549175.2017.1381143.
- Tertoolen, G., Van Kreveld, D., Verstraten, B. (1998). « Psychological resistance against attempts to reduce private car use ». *Transportation Research Part A*, vol. 32, no3, p. 171-181.

Remerciements



Conseil de recherches
en sciences humaines
du Canada

Social Sciences and
Humanities Research
Council of Canada

Canada

INNOVATION.CA

CANADA FOUNDATION FOR INNOVATION | FONDATION CANADIENNE POUR L'INNOVATION



Chaires
de recherche
du Canada

Canada
Research
Chairs

Canada



INRS

Institut national
de la recherche
scientifique