



MINISTÈRE DES TRANSPORTS

Modélisation de la demande de transport et des émissions résultantes



Tan Minh Phan, ing.

Brigitte St-Pierre, ing., M.Sc.A.

Direction de la modélisation des systèmes de transport

14 février 2020

Plan de la présentation

- Contexte
- Les modèles de transport développés et utilisés au MTQ
- Le modèle d'évaluation des émissions polluantes et des GES
 - Les processus
 - Les hypothèses
 - Les types de résultats
- Limitations et avantages de notre modélisation
- Conclusion

Contexte

Équipe

Direction de la modélisation des systèmes de transport (DMST)

du ministère des Transports du Québec (MTQ)

Mandat

Supporter le Ministère au niveau de la planification du transport urbain régional et de l'analyse des projets, politiques et programmes

par des simulations du système de transport (actuel et projeté) et des impacts sur la mobilité durable.



Collecte et gestion des données



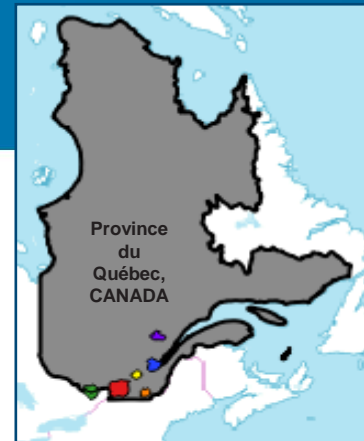
Analyse et prévision de la demande



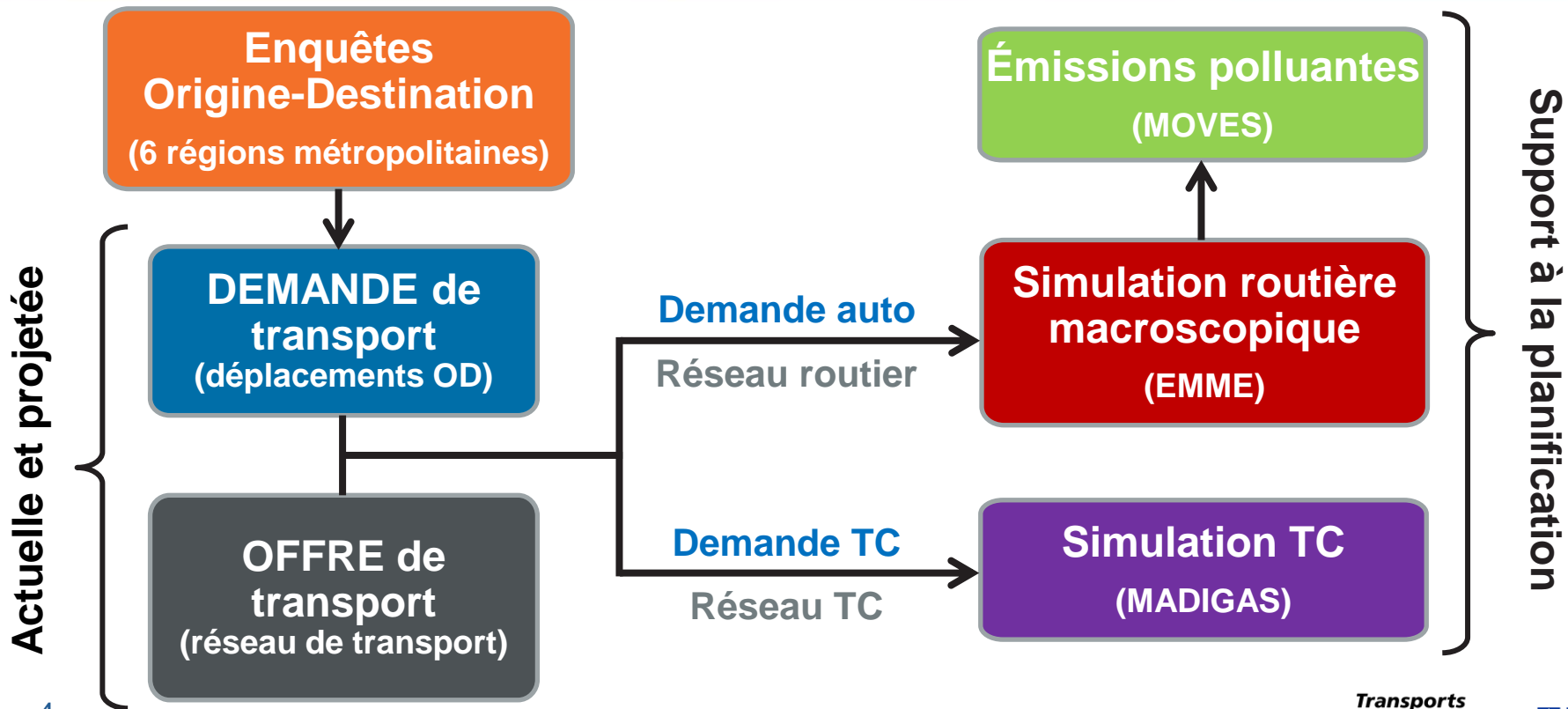
Modélisation routière



Modélisation du transport collectif (TC)



Synthèse des modèles



Prévisions de la demande de transport

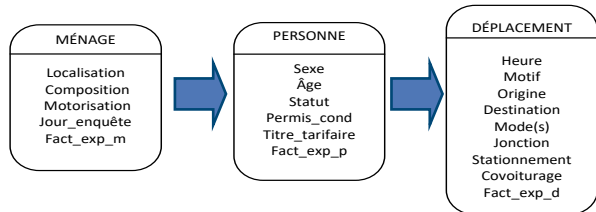
- **Enquête origine-destination** (aux 5 ans)
- **Prévisions** pour les années de recensement (jusqu'à 25 ans après l'enquête)
 - Ex: Le modèle de Montréal actuel, basé sur l'enquête OD 2013 (MOTREM13), a les 5 années projetées suivantes : 2016 – 2021 – 2026 – 2031 – 2036
- **Tendances observées** pour 6 principaux paramètres → hypothèses du modèle :
 - Démographie par groupe âge-sexe
 - Statut d'activité
 - Motorisation individuelle
 - Profil modal des individus
 - Étalement de la période de pointe
 - Redistribution des pôles de destination Travail
- **Projections démographiques** en tenant compte des capacités d'accueil
 - Scénario aligné sur le tendancier de l'ISQ
 - Natalité, mortalité et migrations par cohorte âge-sexe (1700 zones de projection)

Scénario
tendancier

Modélisation des flux routiers : Demande O-D

La demande :

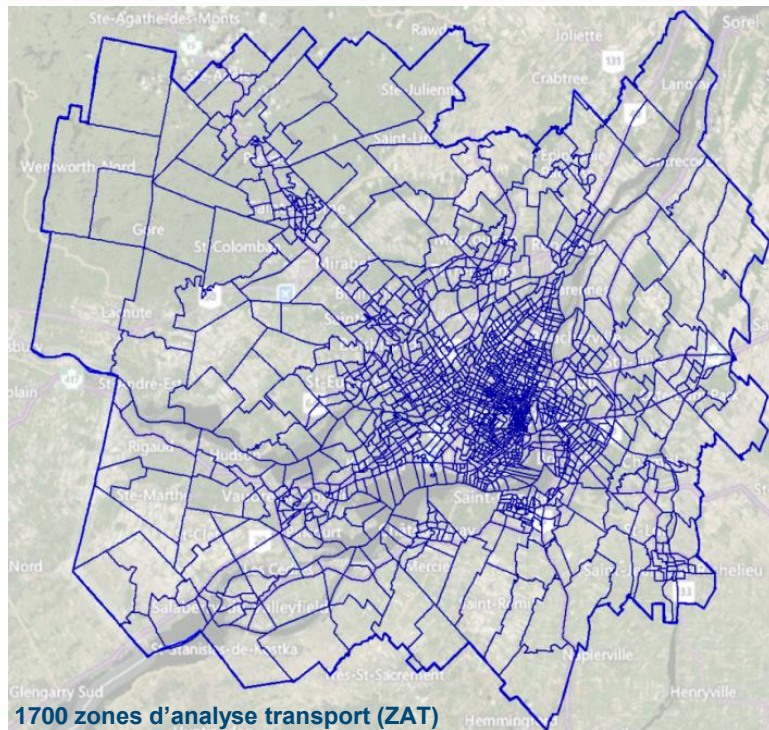
- Enquêtes O-D régionales (et prévisions)



- Flux de déplacements automobile conducteur entre zones d'origine et zones de destination;
- Enquêtes-cordon (demande externe);
- Modèle de camionnage;
- 4 classes de véhicules routiers:



- Pour la demande future, les **taux de croissance** des déplacements auto sont appliqués aux camions.



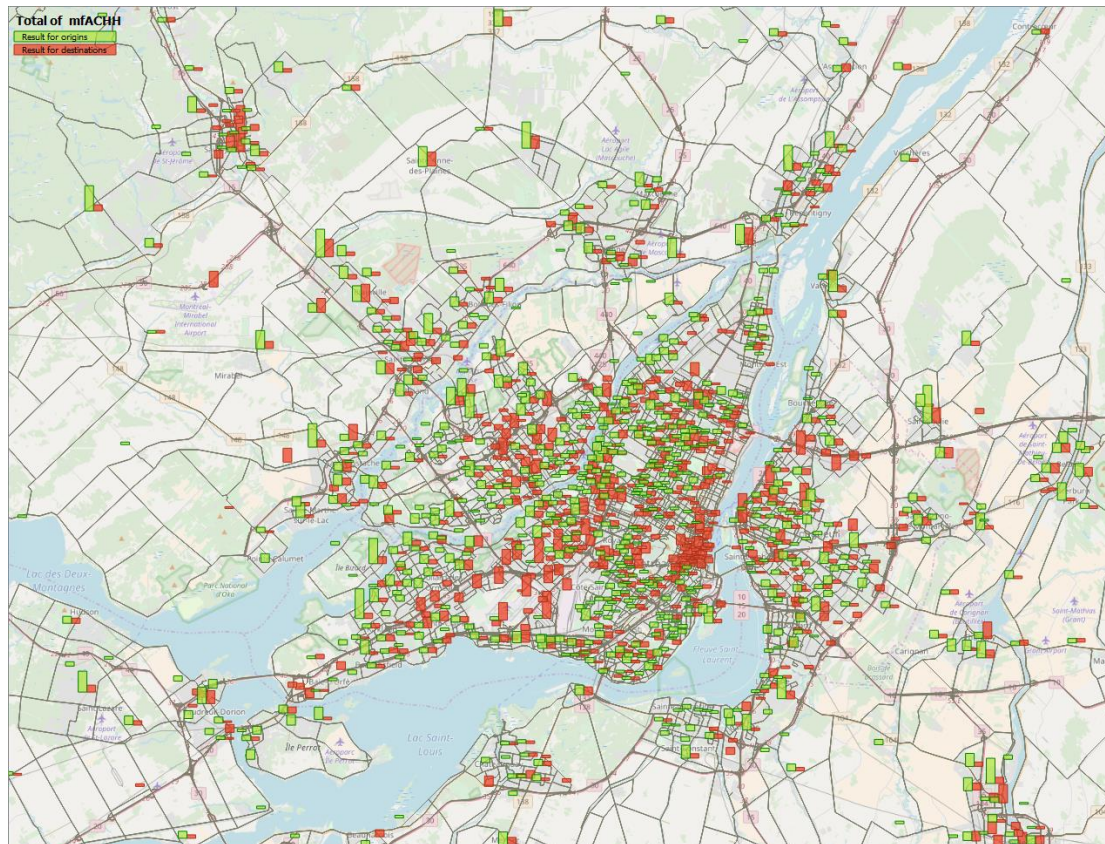
Modèle routier : Demande O-D

**Production de déplacements
(Nombre d'origines)**

**Attraction de déplacements
(Nombre de destinations)**

Année de projection : 2016

Heure : 7h00 à 7h59



Modèle routier : Logiciel Emme

Nos modèles routiers macroscopiques utilisent le logiciel Emme ("**E**quilibre **M**ultimodal / **M**ultimodal **E**quilibrium")

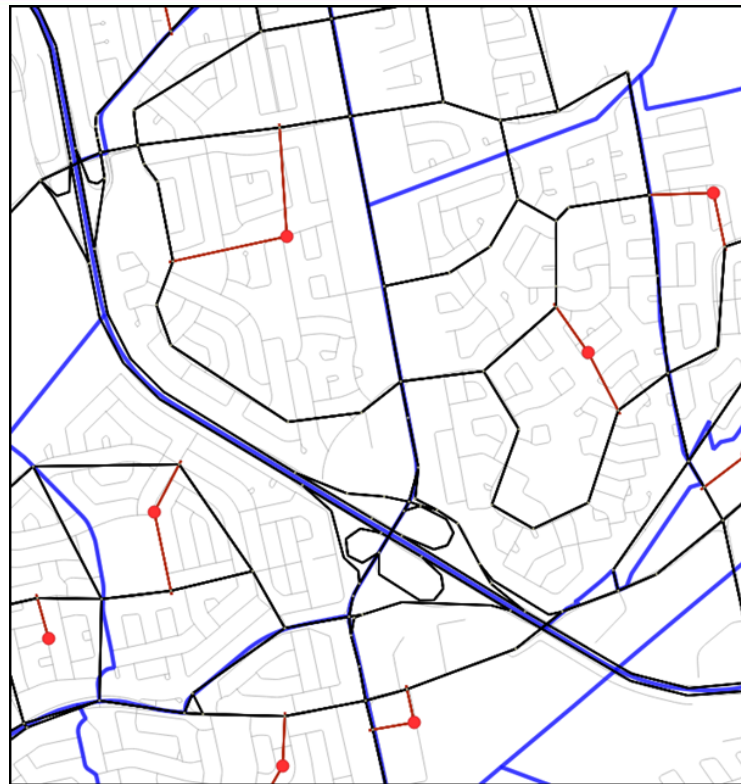


<https://www.inrosoftware.com/fr/produits/emme/>

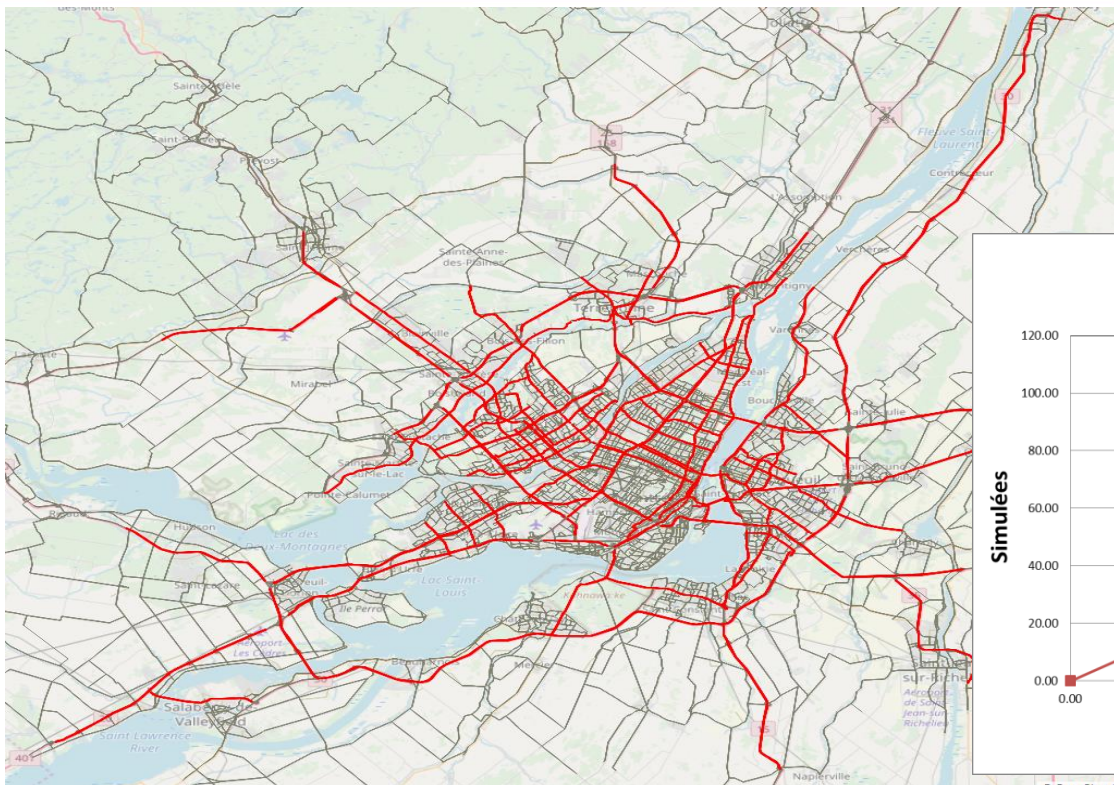
- Développé à l'Université de Montréal dans les années 80
 - Aujourd'hui distribué et développé par la firme montréalaise INRO
 - Utilisé par plus de 1000 agences dans plus de 80 pays
 - Version actuelle utilisée à la DMST : Emme 4.4.2
-
- **Approche macroscopique** (échelle régionale) **statique** (agrégation par zone)
 - **Simulation** : Minimiser le temps de parcours entre chaque paire OD pour atteindre un équilibre du système
 - **Équilibre** : Temps de parcours égaux pour tous les chemins de chaque paire OD

Modèle routier : Offre de transport

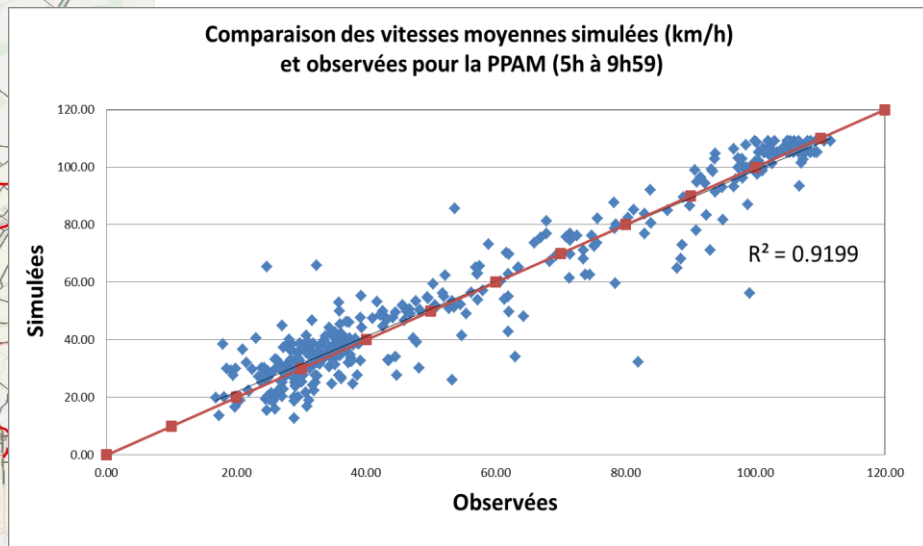
- **Réseau macro codifié (liens et nœuds)**
 - Principalement les autoroutes, artères et collectrices
 - Capacités (véh/voie-h) et limites de vitesse (km/h)
 - Nombre de voies par période de la journée (stationnements sur rue et voies réservées)
 - Projets routiers futurs pour les années projetées
- Le territoire d'enquête est divisé en **zones d'analyse de transport (ZAT)**.
 - Chaque ZAT est représentée par un **centroïde d'activité**, où tous les déplacements simulés vont débuter et se terminer dans le modèle.
 - Les **connecteurs** représentent les **rues locales** en reliant les centroïdes au réseau routier.



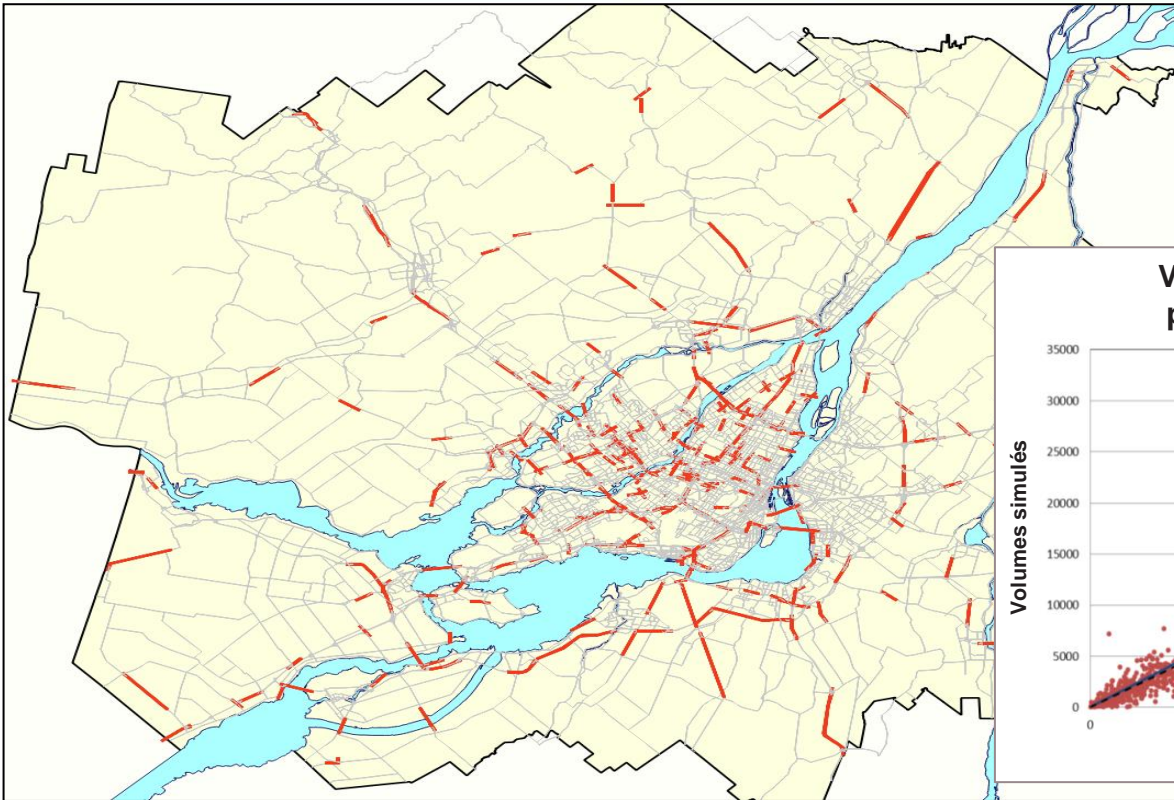
Modèle routier : Calibration-Validation des temps de parcours



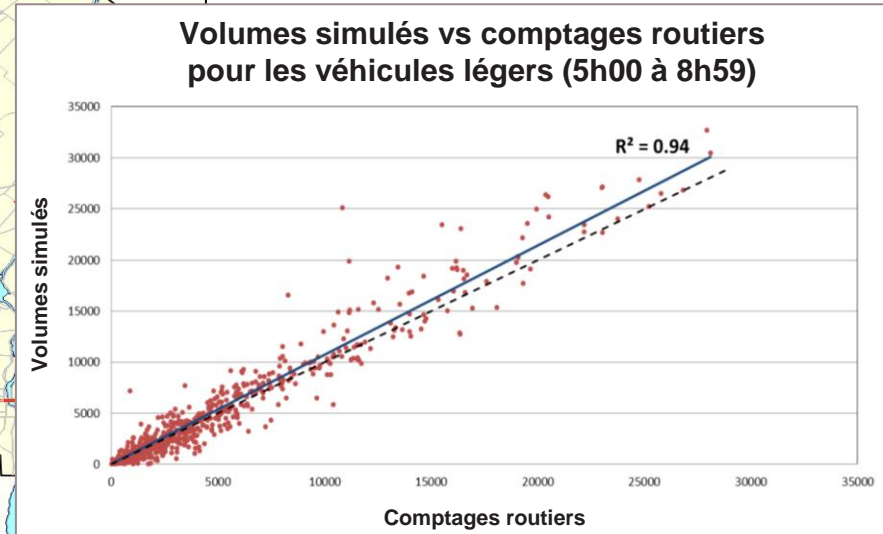
370 corridors calibrés/validés avec les temps de parcours Google Traffic dans la région de Montréal



Modèle routier : Calibration-Validation des volumes



765 sites de comptages routiers directionnels sur le réseau autoroutier et artériel



Modèle routier : Représentation de la congestion

- Un **modèle statique** ne crée pas de file d'attente quand le **volume** > **capacité**



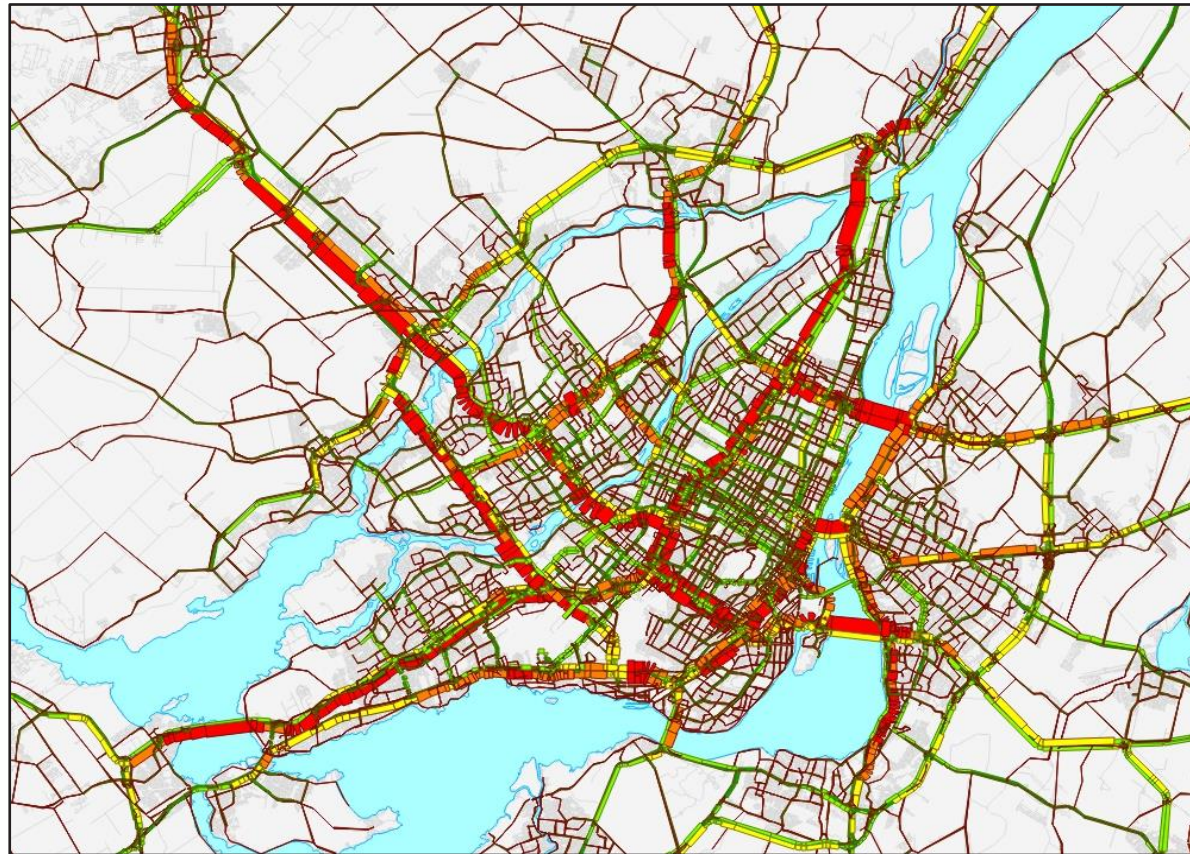
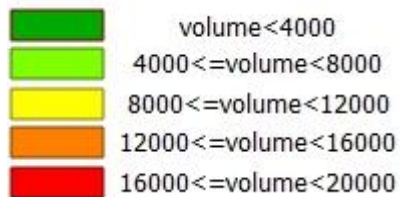
- Pour représenter la **dynamique de la congestion**, 2 stratégies :
 - Effectuer des simulations **heure par heure** (24 matrices horaires)
 - Considérer le **volume excédentaire** sur un lien dans le calcul du temps de parcours de l'heure suivante (**pénalité de temps**).



Résultats du modèle routier : Volume total de véhicules

Volume total sur le réseau de la région de Montréal

- 4 classes véh.
- Année de projection 2016
- Période de pointe AM (5h à 8h59)
- Scénario de référence



Résultats du modèle routier : Impact d'un projet

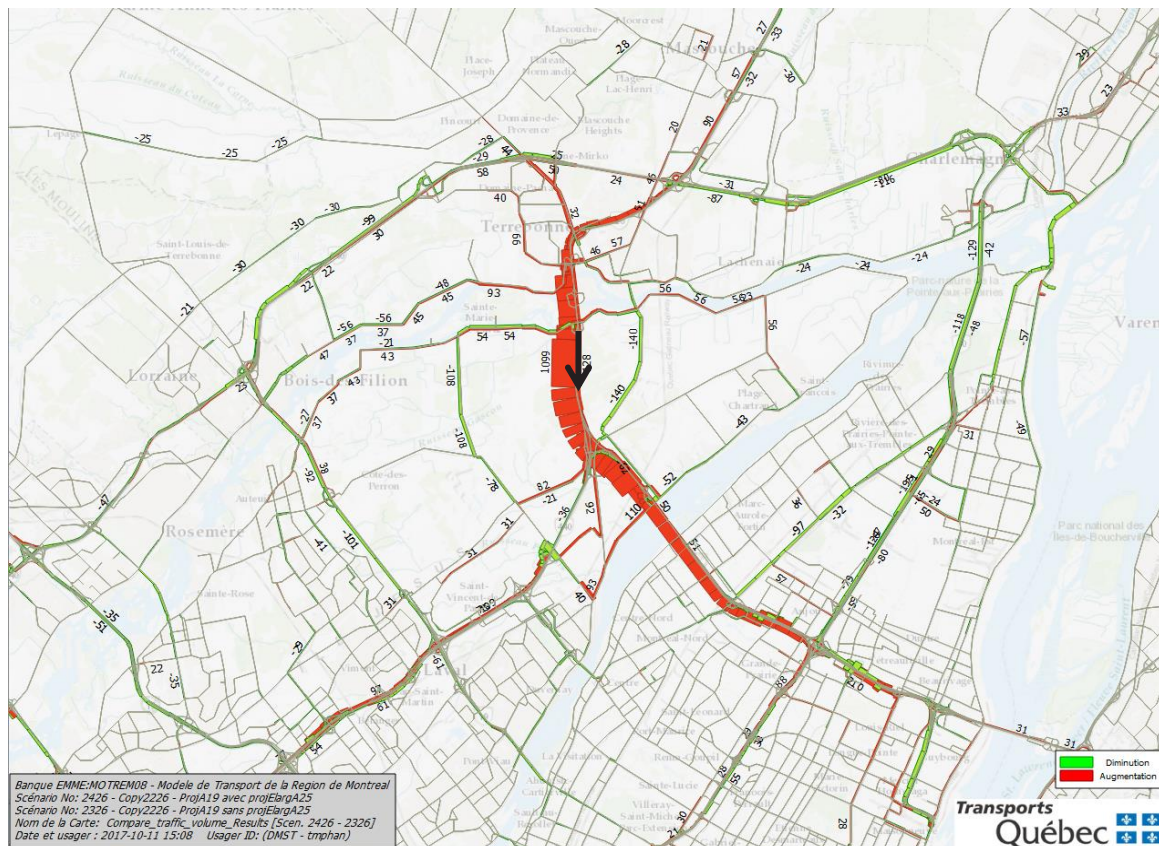
Comparaison de volumes de véhicules sur le réseau entre 2 scénarios :

1. Référence
2. Ajout d'une voie sur l'autoroute

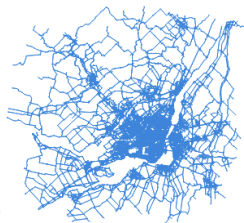
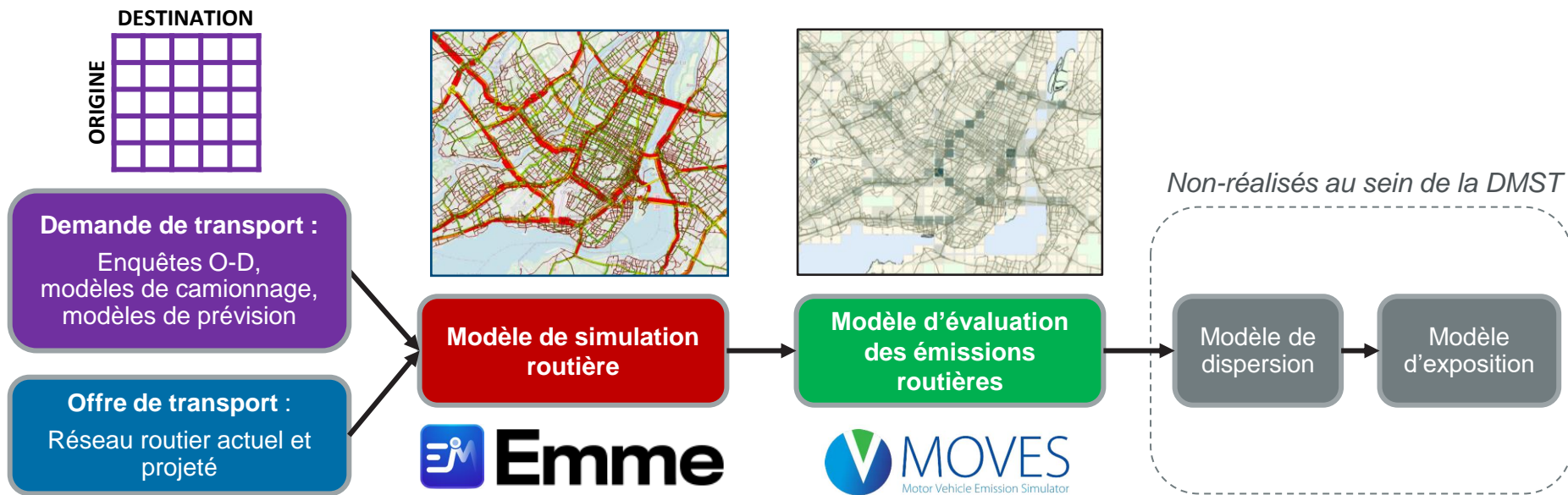
- Différence de volume total
- Année 2026
- Période de 6h00 à 8h59

Diminution de volume

Augmentation de volume



Modèle d'émissions routières : Synthèse



- Impact d'un **projet spécifique** (au niveau local ou régional)
- Impact d'un **projet régional** (ex.: plan de transport, politique)

Modèle d'émissions routières : Logiciel MOVES

Notre modèle utilise le logiciel MOVES
("MOtor Vehicle Emissions Simulator")



- Logiciel libre développé par l'EPA (*Environmental Protection Agency*) des États-Unis
- Modélisation des émissions polluantes et de consommation de carburant depuis plus de 20 ans à la DMST
 - MOVES remplace le logiciel MOBILE depuis 2010
- Version utilisée actuellement à la DMST : MOVES2014a
- Présentement adapté pour les régions de Montréal et Québec

Modèle d'émissions routières : Processus

Données de circulation

(modèles routiers DMST)

- Volumes de véhicules et temps de parcours sur chaque lien
- Demande O-D pour chaque zone

INTRANTS

Données locales

(valeurs historiques et projetées, sources externes)

- Données climatiques (°C, %H)
- Composition des carburants
- Composition du parc de véhicules

SIMULATIONS

Échelle « County »
(Hennepin, MN)

MOVES

Calcule les émissions de polluants et la consommation de carburants

Paramètres d'analyse

- Temporel (année, mois, heures)
- Liste de polluants
 - PM₁₀ et PM_{2.5}
 - GES (CO₂, CH₄, N₂O)
 - CO, SO₂, NO_x, COV, etc.

Mode «Bilan»

Somme des émissions et des consommations pour l'ensemble du réseau

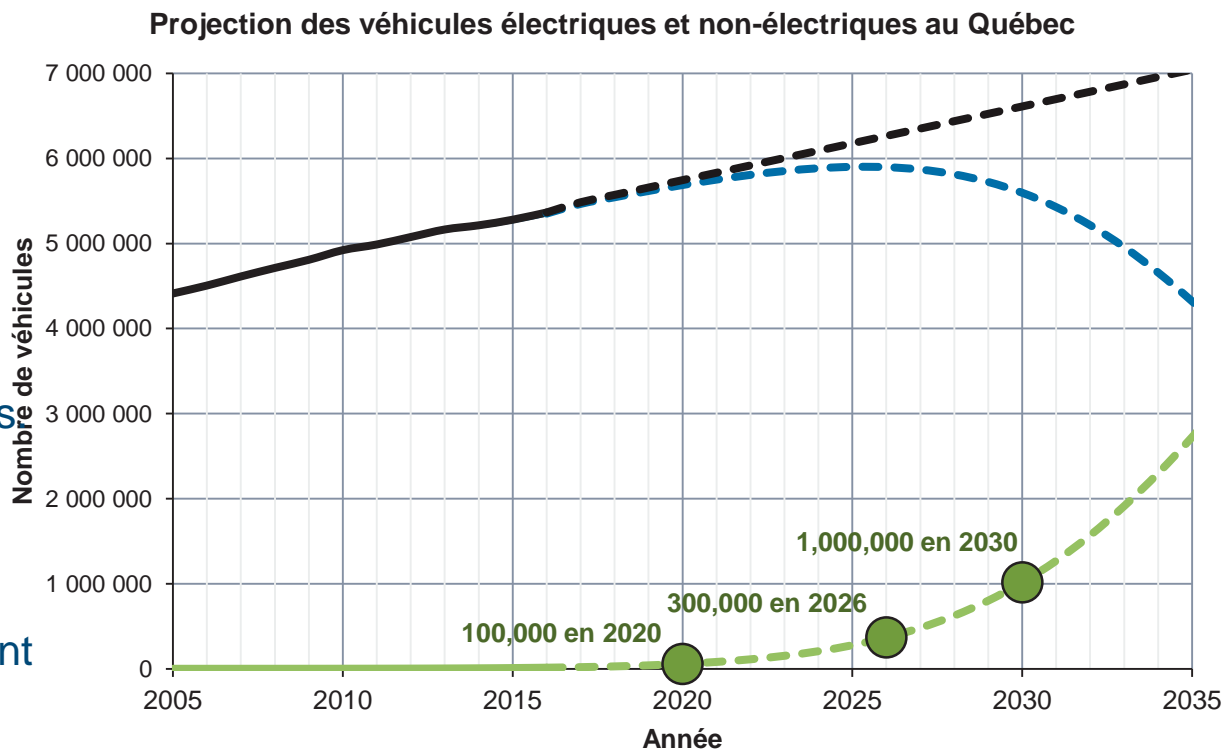
RÉSULTATS

Mode «Taux»

Émissions et consommations sur chaque lien routier et chaque centroïde du réseau

Modèle d'émissions routières : Hypothèses (1)

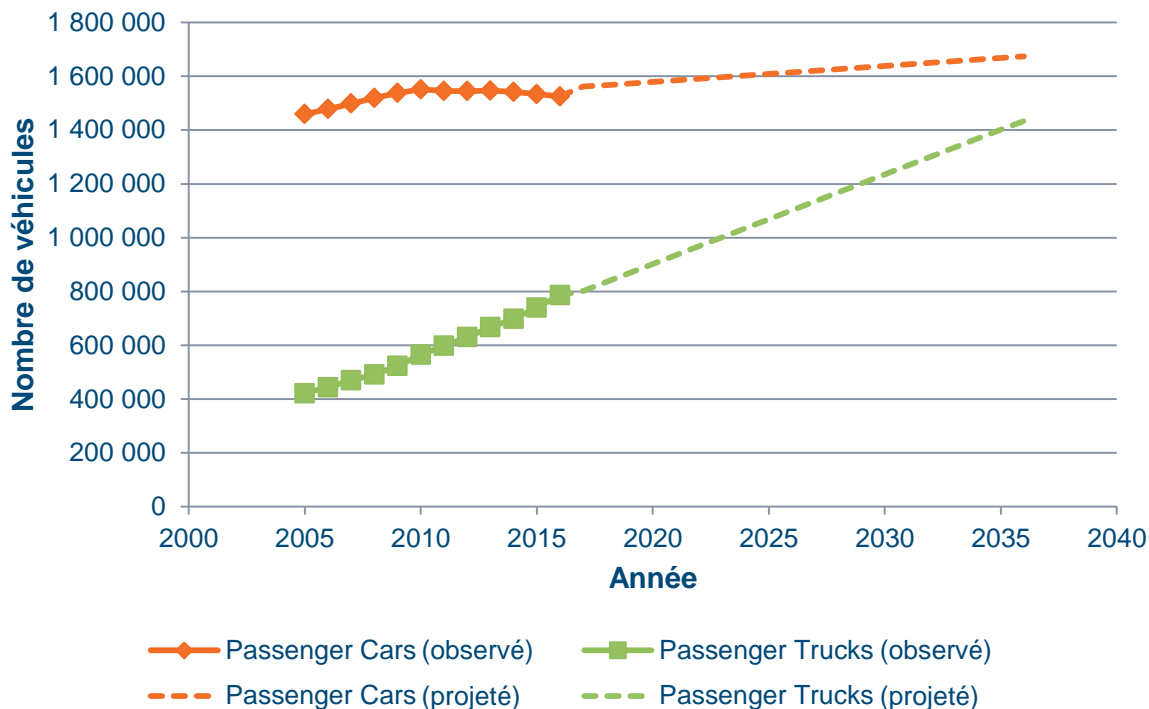
- On suppose que les **cibles de véhicules électriques** de la [Politique énergétique 2030](#) du Québec seront atteintes.
- On suppose que les **normes de consommation de carburant** dans MOVES (de l'US-EPA) seront appliquées.
- On suppose que le **renouvellement de véhicules** continuera (vers des véhicules plus éco-énergétiques respectant les nouvelles normes).



Modèle d'émissions routières : Hypothèses (2)

- On suppose que la croissance de la flotte de véhicules va suivre une **tendance linéaire**.
- Les volumes des **véhicules légers particuliers** sont divisés dans les types de véhicules « **Passenger Car** » et « **Passenger Truck** » dans MOVES.
- On considère la **forte croissance des camions légers (VUS)** au Québec.

Projection des véhicules légers particuliers à Montréal

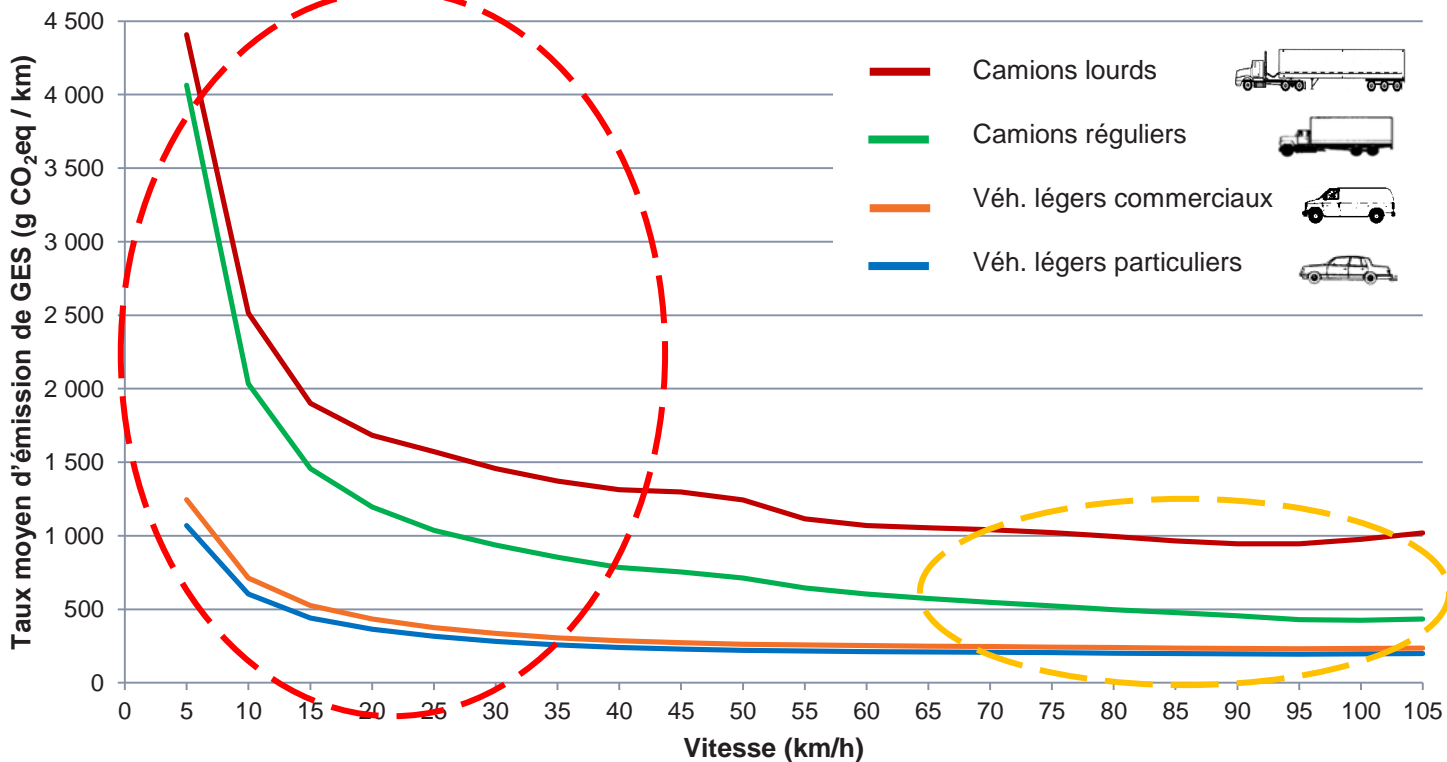


Modèle d'émissions routières : Résultats (1)

À **faible vitesse**,
les émissions sont **élevées**
→ la **congestion**
crée plus de **pollution**.

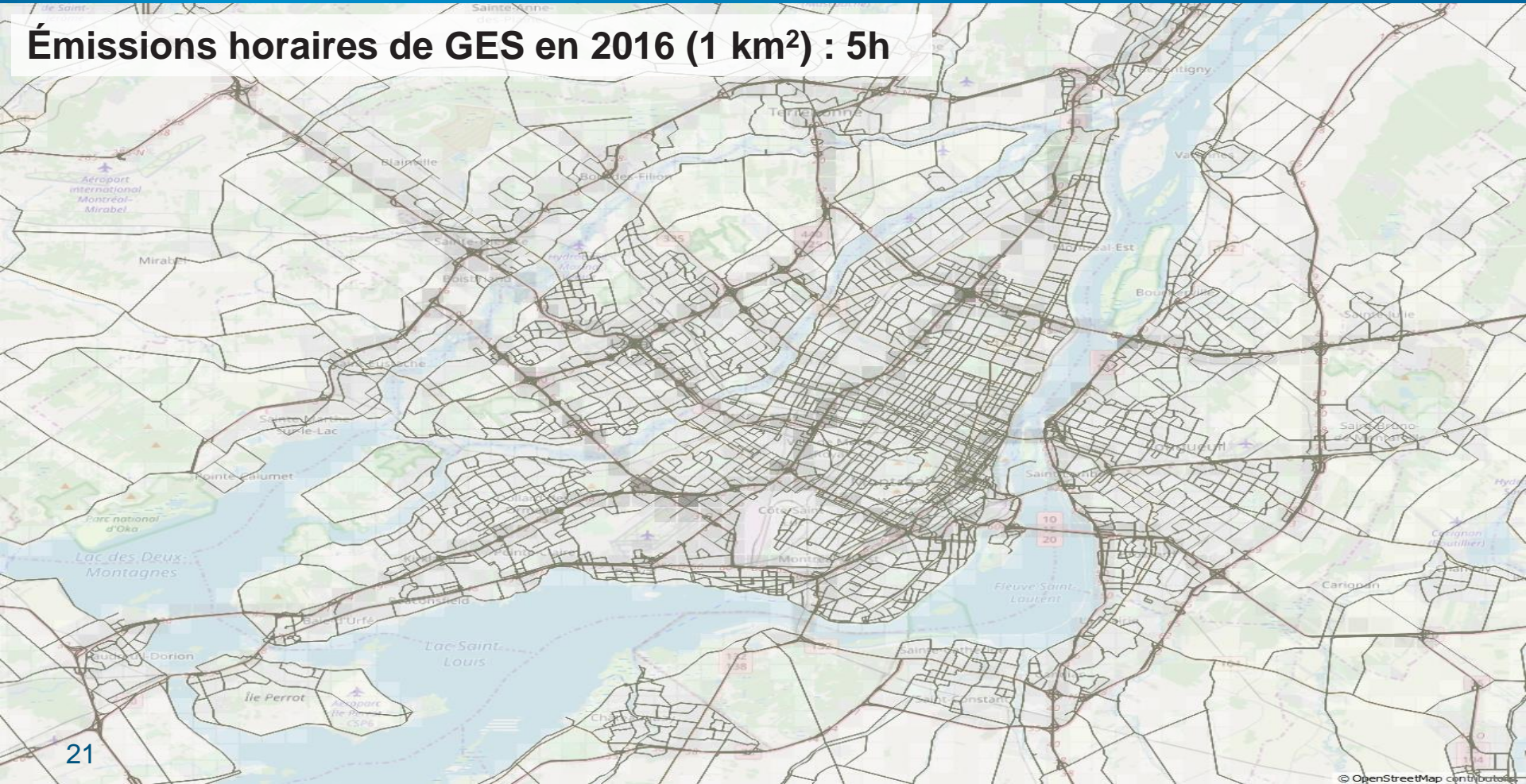
À **vitesse élevée**,
les émissions sont **plus faibles** et **plus stables**.

Taux d'émission de GES moyen sur autoroute entre 7h et 8h à Montréal en automne 2016



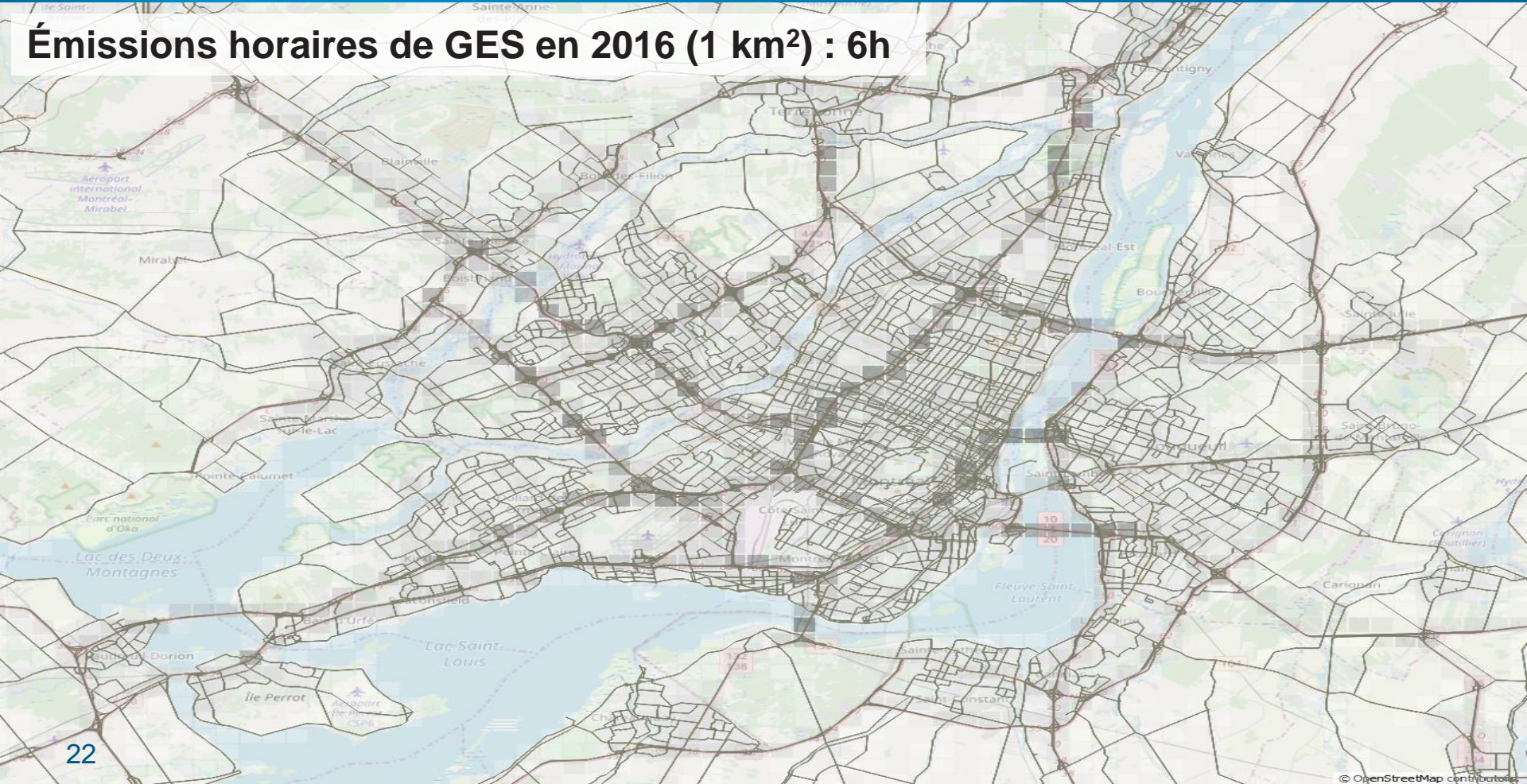
Modèle d'émissions routières : Résultats (2)

Émissions horaires de GES en 2016 (1 km²) : 5h



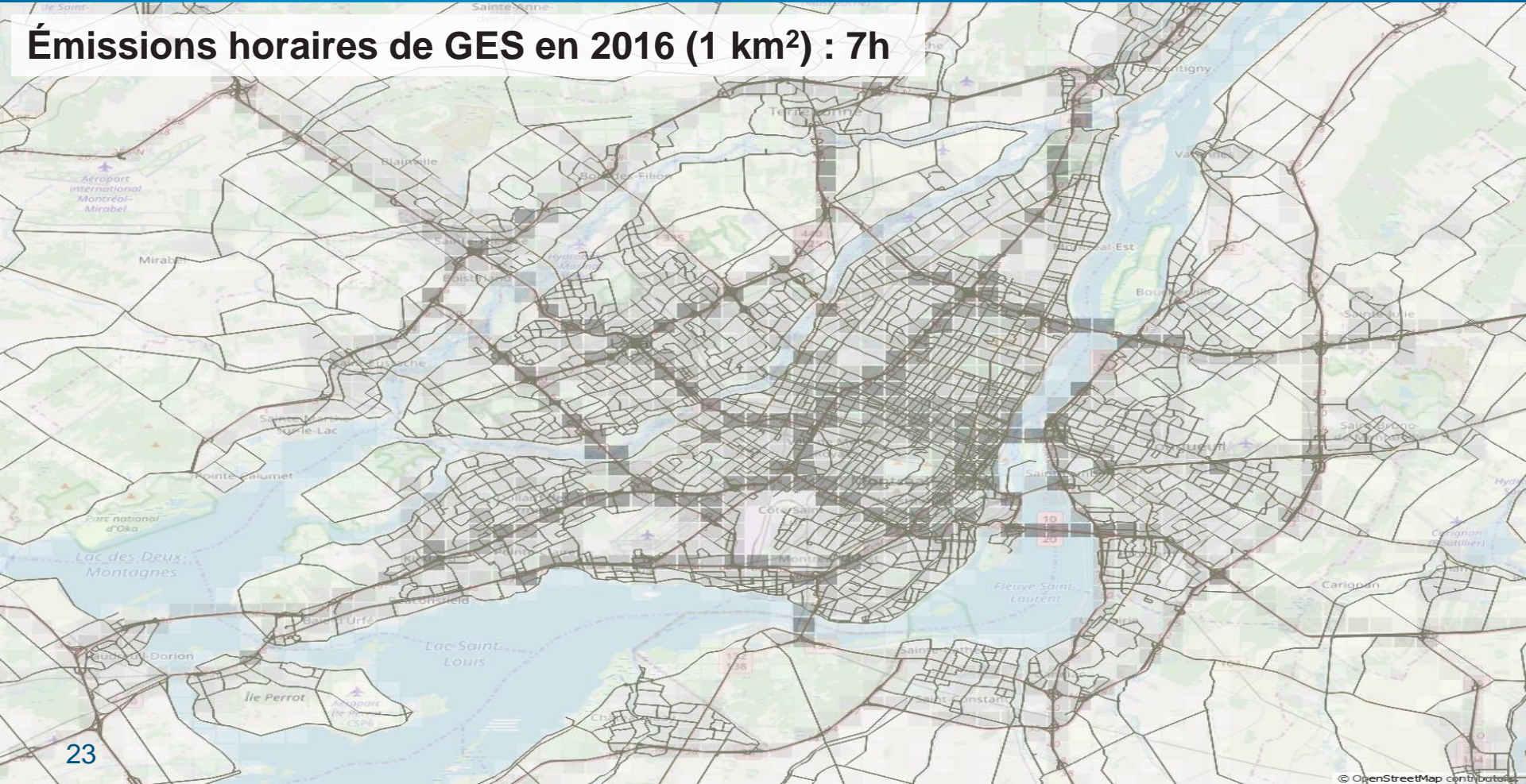
Modèle d'émissions routières : Résultats (2)

Émissions horaires de GES en 2016 (1 km²) : 6h



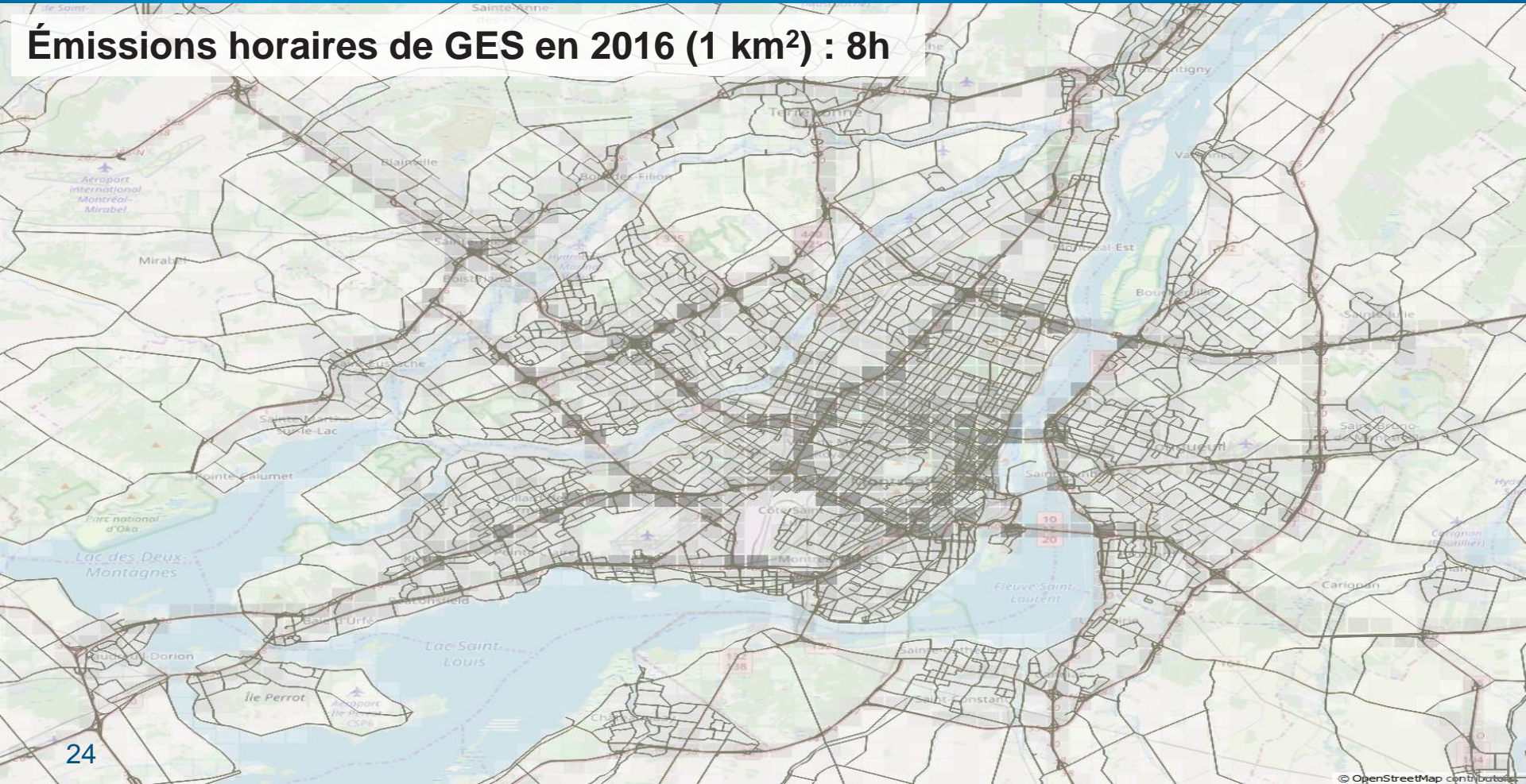
Modèle d'émissions routières : Résultats (2)

Émissions horaires de GES en 2016 (1 km²) : 7h



Modèle d'émissions routières : Résultats (2)

Émissions horaires de GES en 2016 (1 km²) : 8h



Modèle d'émissions routières : Résultats (3)

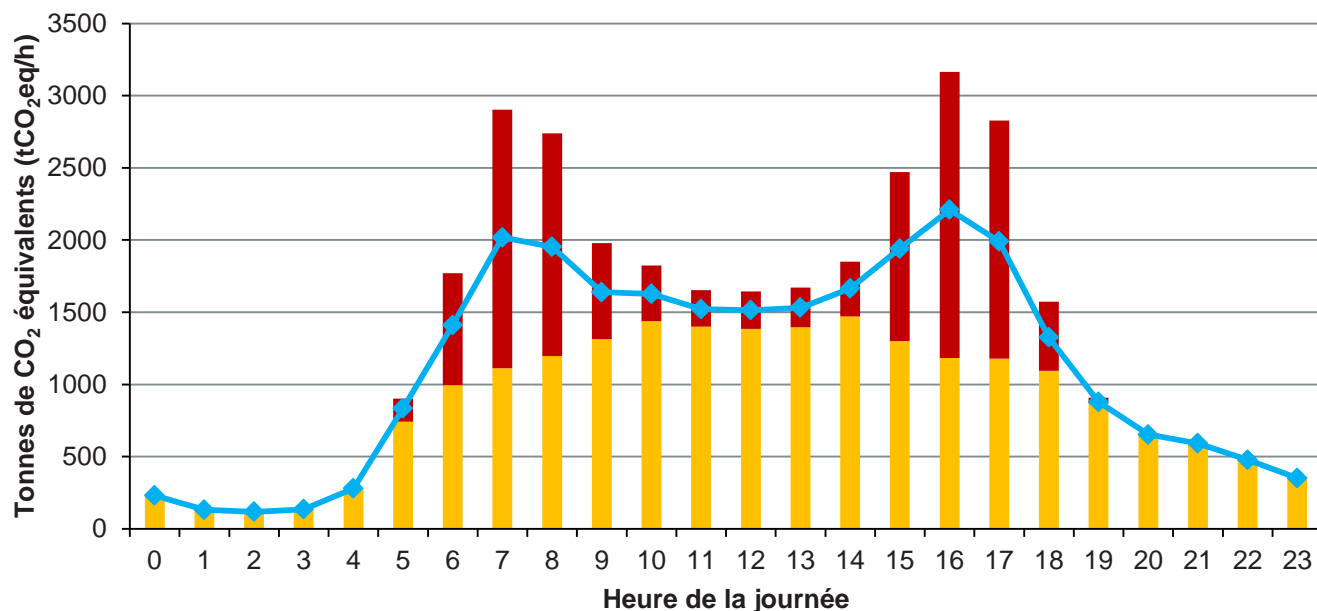
En **2016**, les émissions pour la région de Montréal sont estimées à **~33,000 tCO₂eq/j**.

35% des GES pour une journée sont émis sur des liens en **situation de congestion**.

Si tous les véhicules circulaient à vitesse affichée (écoulement libre), ce serait **~27,000 tCO₂eq/j (82%)** (dû à la demande de transport).

En d'autres mots, seulement **18% des GES** sont dus à un **ralentissement sur le réseau**.

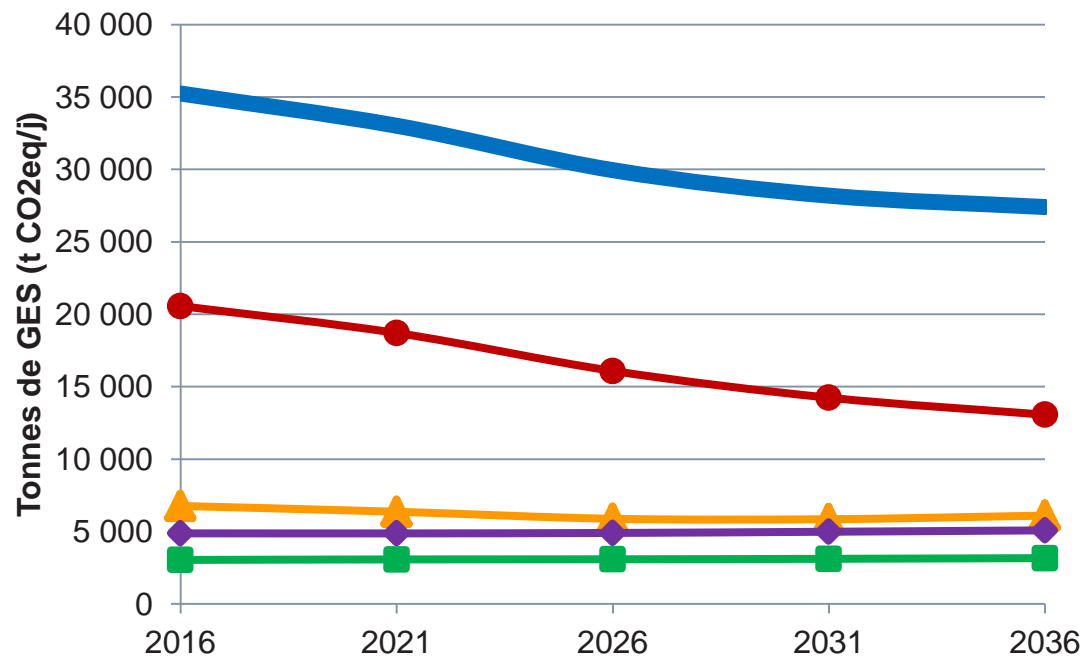
Émissions de GES à Montréal en 2016 (toutes les classes de véhicules)



- Circulation en congestion (< 60% de la vitesse affichée)
- Circulation acceptable (> 60% de la vitesse affichée)
- ◆ Si les véhicules circulent à vitesse affichée (GES minimum)

Modèle d'émissions routières : Résultats (4)

Prévisions de GES 24h à Montréal (MOVES-MOTREM13 V3)



Variation
2036 vs 2016

TOTAL 4 classes	-22%
Véh. légers particuliers	-36%
Véh. légers commerciaux	-10%
Camions réguliers	+4%
Camions lourds	+4%

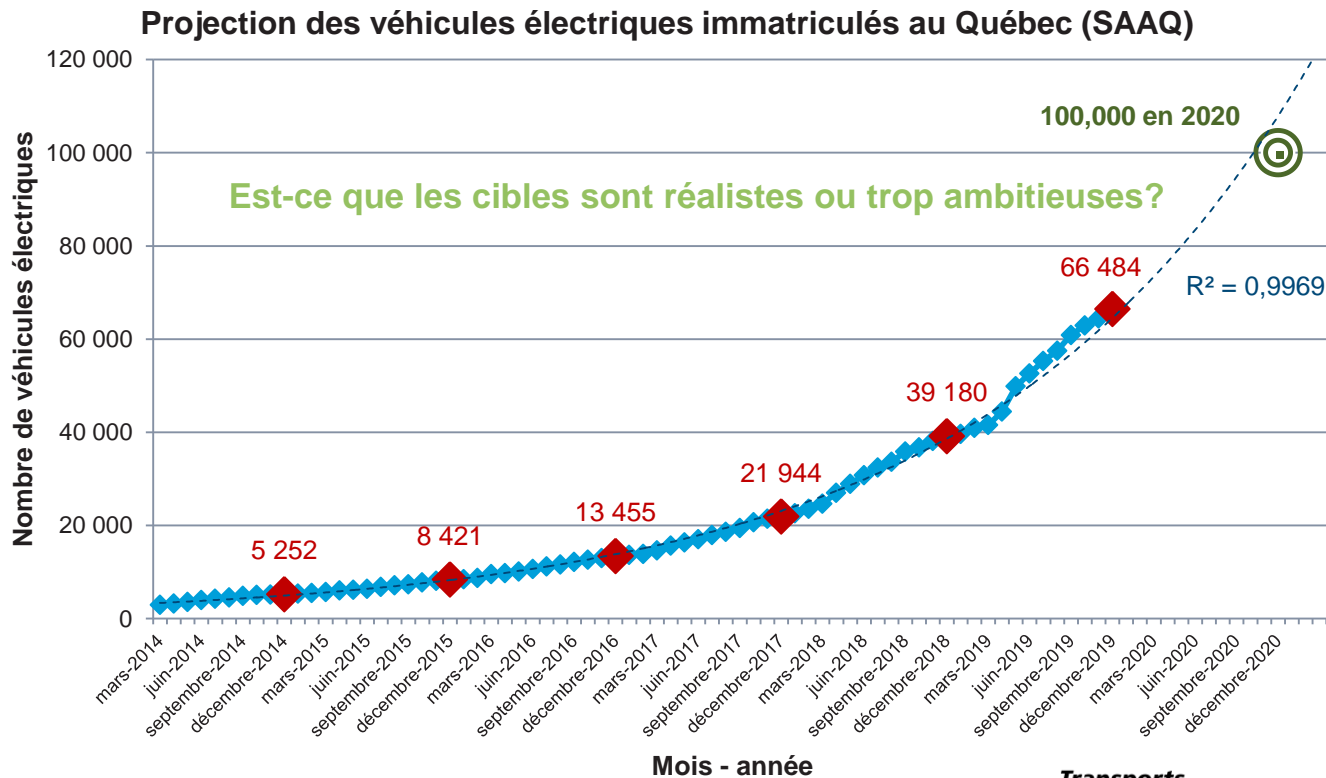
Combinaison de plusieurs tendances :

- demande de transport auto ↗
- flotte de véhicules totale ↗
- nombre de camions légers (VUS) ↗
- taux de consommation de carburant ↘
- % des véhicules non-électriques ↘

Modèle d'émissions routières : Suivi des données

En parallèle du développement des modèles, il est nécessaire de **suivre les tendances et mettre à jour nos hypothèses.**

- Données de la flotte du Québec : **annuellement**
- Véhicules électriques et hybrides en circulation au Québec : **mensuellement**

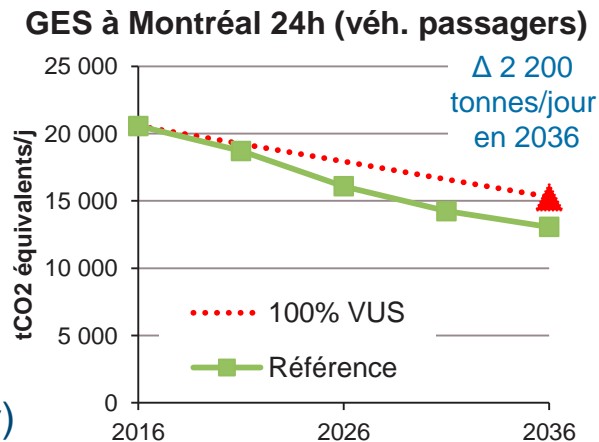


Limitations des modèles et enjeux

- **Jour moyen d'automne** (demande routière maximale) → Difficile à annualiser
 - Les enquêtes OD couvrent les journées ouvrables (ne tiennent pas compte des congés et de la variation entre les saisons).
 - Basé sur la dernière enquête, difficile de comparer directement avec les GES en 1990.
- **Régions urbaines** → Difficile de généraliser pour toute la province
 - Les déplacements ruraux et interurbains sont exclus.
 - Les conditions de circulation à Montréal ne peuvent pas être extrapolées au reste du Québec.
 - Plusieurs paramètres varient d'une région à l'autre :
distribution de la flotte (âge, taille, carburant...), taux de renouvellement des véhicules, part modale de l'auto, intensité de la congestion, achalandage des camions, météo...
- **Macro-simulation** → Difficile de représenter précisément la réalité
 - L'impact des travaux routiers, accidents et événements spéciaux sont exclus.
 - La circulation locale et la dynamique de la congestion (files d'attente) sont exclues.

Avantages des modèles

- **Approche ascendante (*Bottom-Up*)**
 - Nos modèles intègrent plusieurs éléments observés à la base (sources connues).
- **Ordre de grandeur comparable avec l'approche descendante (*Top-Down*)**
 - Validations avec des bilans calculés pour Montréal et la province.
- **Sensible aux hypothèses/scénarios**
 - Possibilité de simuler et comparer différents scénarios :
 1. données de circulation (ex.: hypothèses de covoiturage)
 2. données locales (ex.: **si 100% des déplacements personnels se font en camions légers (*Passenger trucks*) en 2036**)
 3. paramètres d'analyse (ex.: météo « extrême » d'été ou d'hiver)



Utilisation actuelle et applications potentielles futures

- **Utilisation actuelle** : Nos modèles visent surtout des **analyses comparatives**, plutôt que le calcul de valeurs absolues.
 - Analyse avantages-coûts (\$) d'un projet
 - Impact relatif (ex. volumes, émissions) d'un projet routier
 - Évolution entre différentes années de projection
- **Vision** : Le [Plan d'action 2018-2023](#) de la [Politique de mobilité durable 2030](#) amènera de **nouvelles données** qui pourront améliorer nos modèles.
 - Enquête OD ménage provinciale
 - Enquête provinciale de camionnage interurbain



Vers un modèle
routier provincial?





Merci!

Questions?

Responsables à la DMST

Marc-André Tessier, ing., M.Sc.A.

Tan Minh Phan, ing.

Brigitte St-Pierre, ing., M.Sc.A. (directrice par intérim)

Marc-Andre.Tessier@transports.gouv.qc.ca

Tan-Minh.Phan@transports.gouv.qc.ca

Brigitte.St-Pierre@transports.gouv.qc.ca