



MINISTÈRE DES TRANSPORTS

Émissions polluantes et consommation de carburant

Modélisation spécifique au domaine des transports

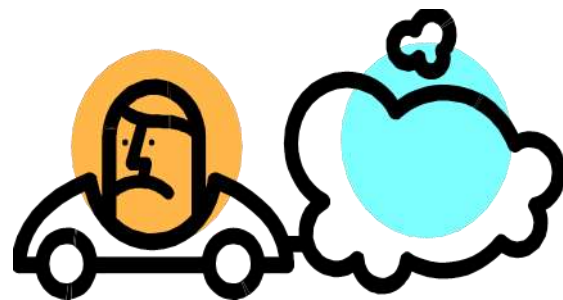


Atelier sur la modélisation en
énergie et en environnement
HEC-TEQ
30 janvier 2019

Brigitte St-Pierre, ing., M.Sc.A.
*Direction de la modélisation des
systèmes de transport*

Objectif de la présentation

- Donner un **aperçu de ce qui est modélisé au MTQ** en termes d'émissions de polluants et de consommation de carburant directement associés aux flux routiers **régionaux**.
- **Alimenter la réflexion** sur nos types de modèles et leurs possibles arrimages avec des besoins d'évaluation plus larges.



Mise en contexte

Équipe

La Direction de la modélisation des systèmes de transport (DMST)

Organisation

Quatre modules d'activités inter-reliés

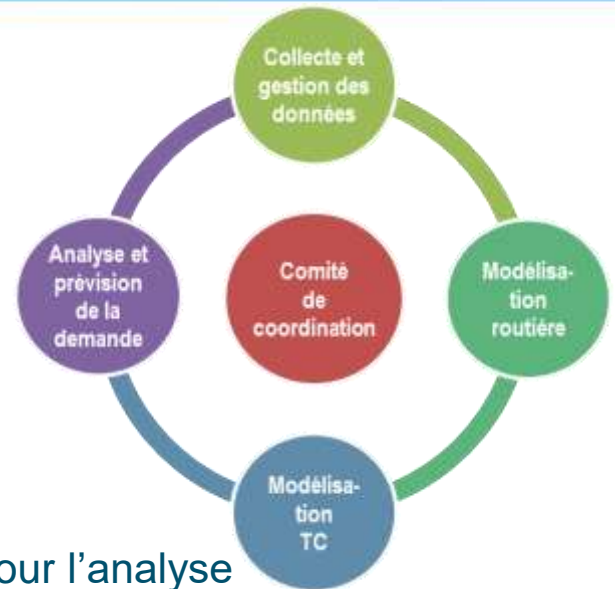


Mandat

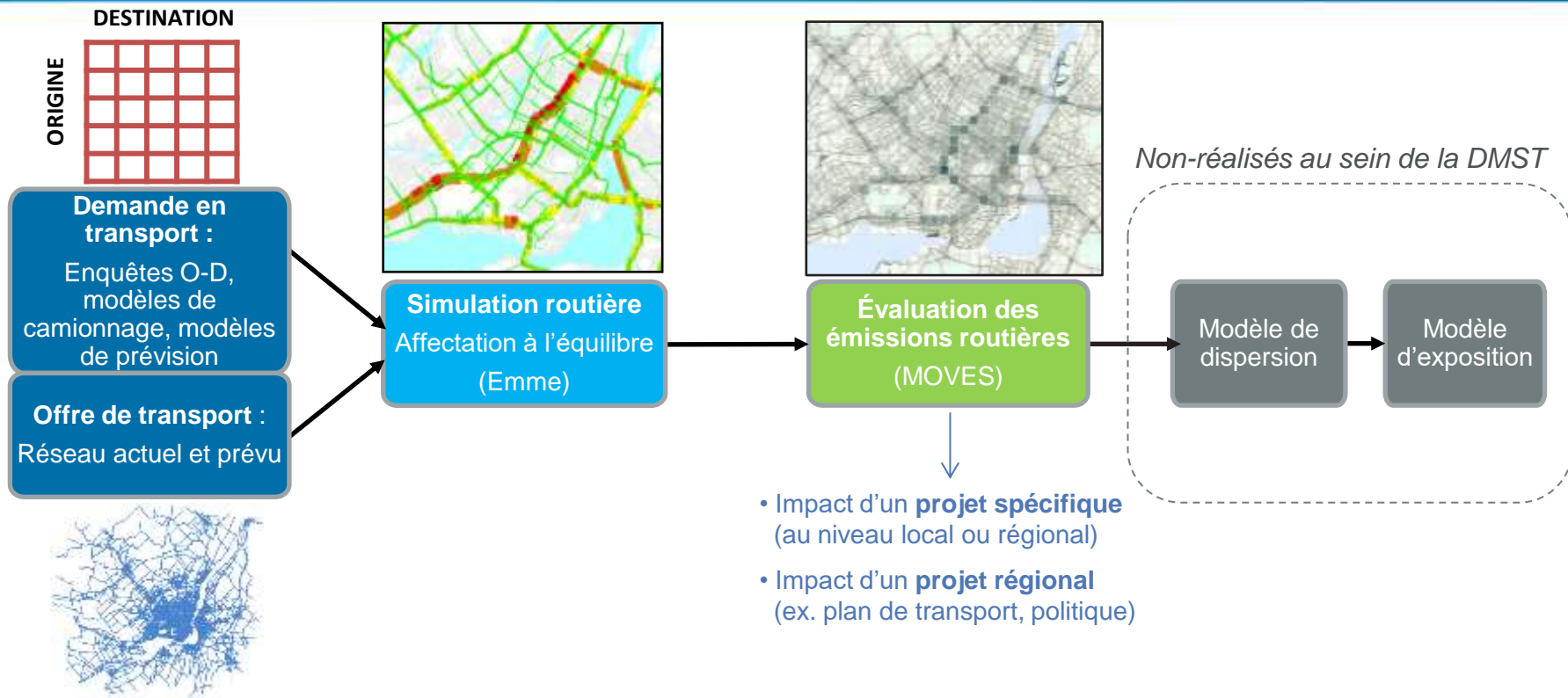
La planification du transport urbain des personnes.

La DMST vient en support aux autres directions du MTQ pour l'analyse des projets, des politiques et des programmes.

Elle analyse le comportement et la performance du système de transport (actuel et projeté), et ses impacts sur la mobilité durable, afin d'appuyer le processus de la planification des projets et éclairer la prise de décision.



Processus de modélisation



Modélisation des flux routiers: modèles routiers

La DMST actualise ses modèles de simulation routière à la suite de chacune des **enquêtes Origine-Destination** (représentent une journée ouvrable type d'automne) menées dans les 6 régions métropolitaines du Québec à différentes années :

- Montréal : MOTREM13, enquête O-D 2018 en traitement
- Québec : MOTRAQ11, MOTRAQ17 en cours
- Outaouais : TRANS 2011
- Sherbrooke : MOTRESH03, MOTRESH12 en cours
- Trois-Rivières : MOTRIV00, MOTRIV11 en cours
- Saguenay : MOTSAG15 en cours

Modélisation des flux routiers: logiciel Emme

Nos modèles routiers utilisent le logiciel Emme («Equilibre multimodal / multimodal equilibrium»)

<https://www.inrosoftware.com/en/products/emme/>

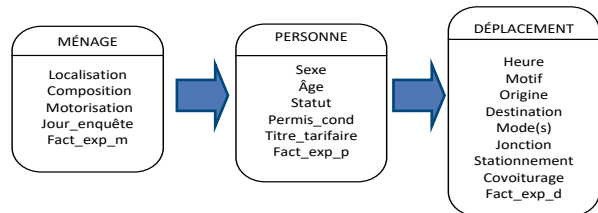


- a été développé au Centre de recherche en transport de l'Université de Montréal (années '80)
- distribué commercialement par la firme INRO, de Montréal
- utilisé par plus de 1000 organisations dans plus de 80 pays
- modèle « macroscopique statique » (portée régionale) sous approche agrégée (i.e. par zones)

Modélisation des flux routiers : demande O-D

La demande :

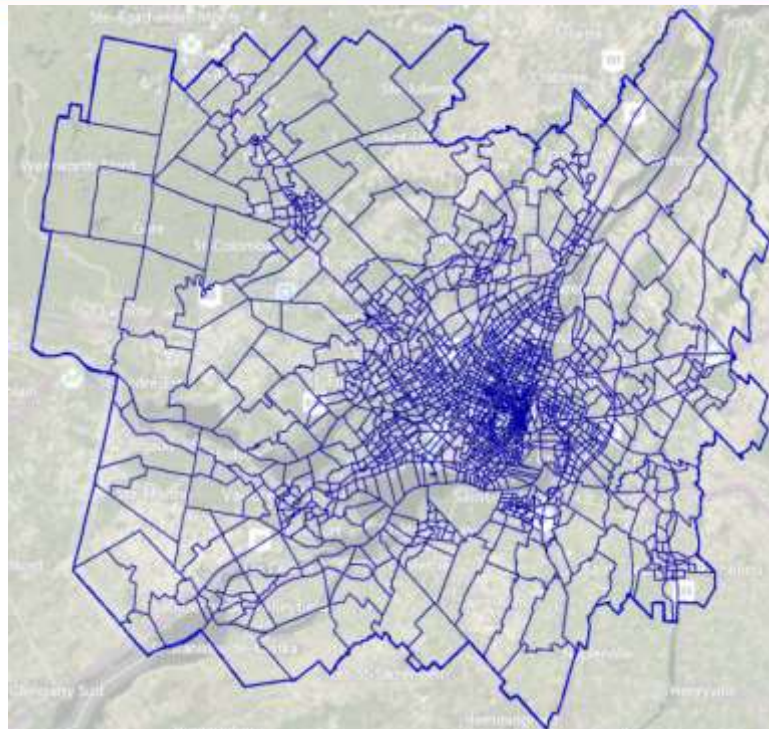
- Enquêtes O-D régionales (aux 5 ans)



- Flux de déplacements entre zones d'origine et zones de destination
- Enquêtes-cordon, modèles de camionnage;
- 4 classes de véhicules routiers



- Modèles prévisionnels : projection de la demande aux horizons futurs (pour Montréal: 2021, 2026, 2031, 2036)



Modélisation des flux routiers : demande O-D

Production de déplacements de la zone (Origine)

Attraction de déplacements de la zone (Destination)

Année : 2016

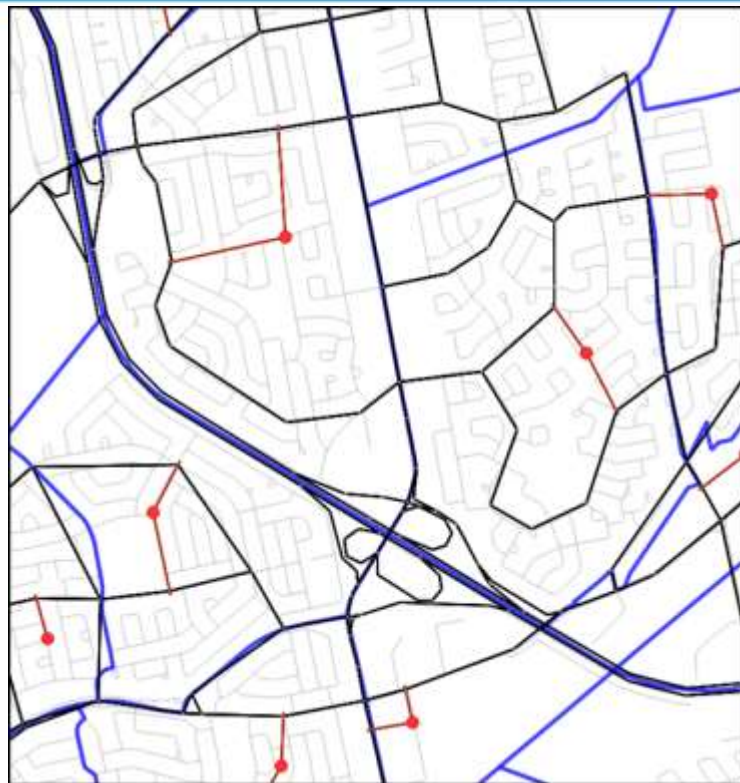
Heure : 7h00 à 7h59



Modélisation des flux routiers : offre de transport

L'offre :

- Réseaux physiques codifiés (liens et nœuds)
- Seul les réseaux autoroutier et artériel sont codifiés dans le modèle régional
- Le territoire est découpé en petites zones d'analyse des transports (ZAT)
- À chaque ZAT est associé un **centroïde d'activité** duquel proviennent ou se terminent les déplacements simulés



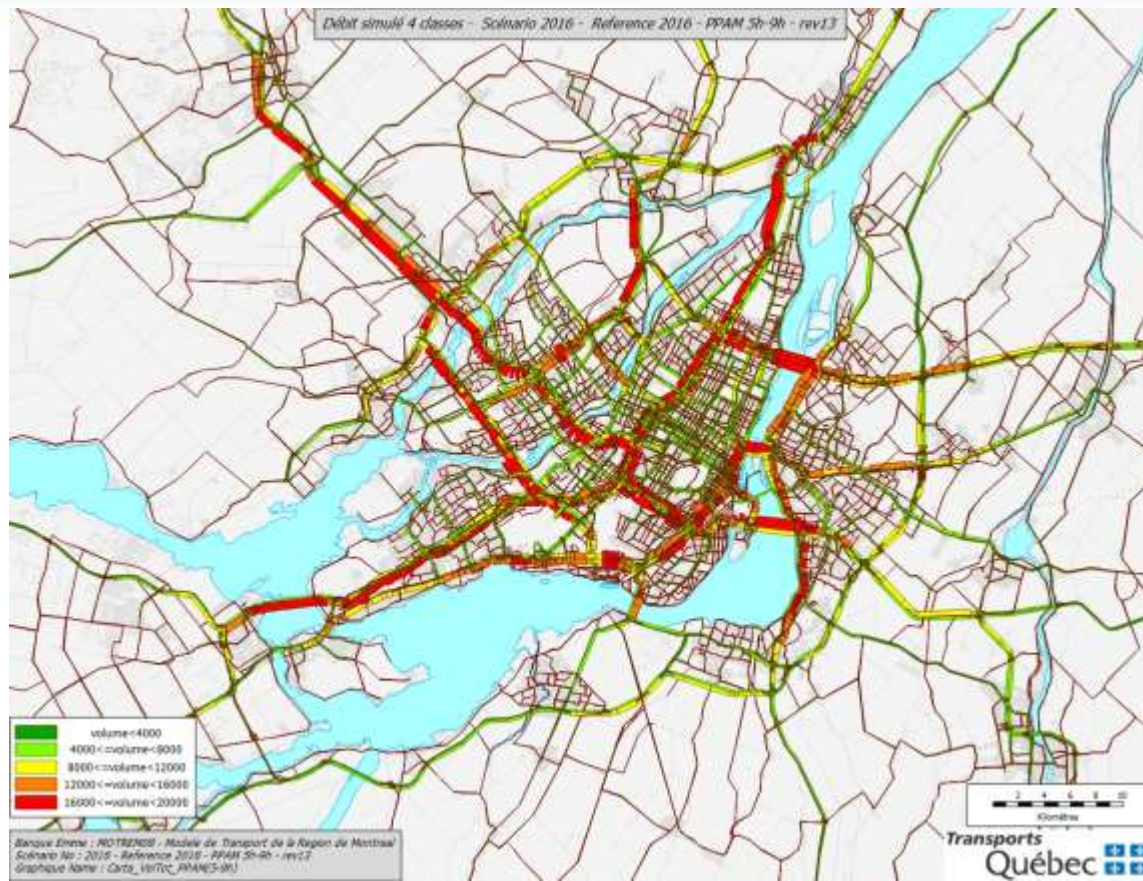
Modélisation des flux routiers : affectation à l'équilibre

- La simulation est une **confrontation** entre l'offre et la demande
- L'algorithme d'affectation cherche à minimiser les **temps de déplacements** entre chaque paire O-D jusqu'à atteindre l'**équilibre**
- **À l'équilibre** : les temps de parcours sont égaux pour tous les trajets utilisés pour une même paire O-D
- Le modèle est validé sur des données de comptages routiers et des relevés de temps de parcours.

Modélisation des flux routiers : exemple de résultats (1)

Volumes de véhicules sur le réseau

- Volume total
- Année 2016
- Période de pointe AM (5h00 à 8h59)



Modélisation des flux routiers : exemple de résultats (2)

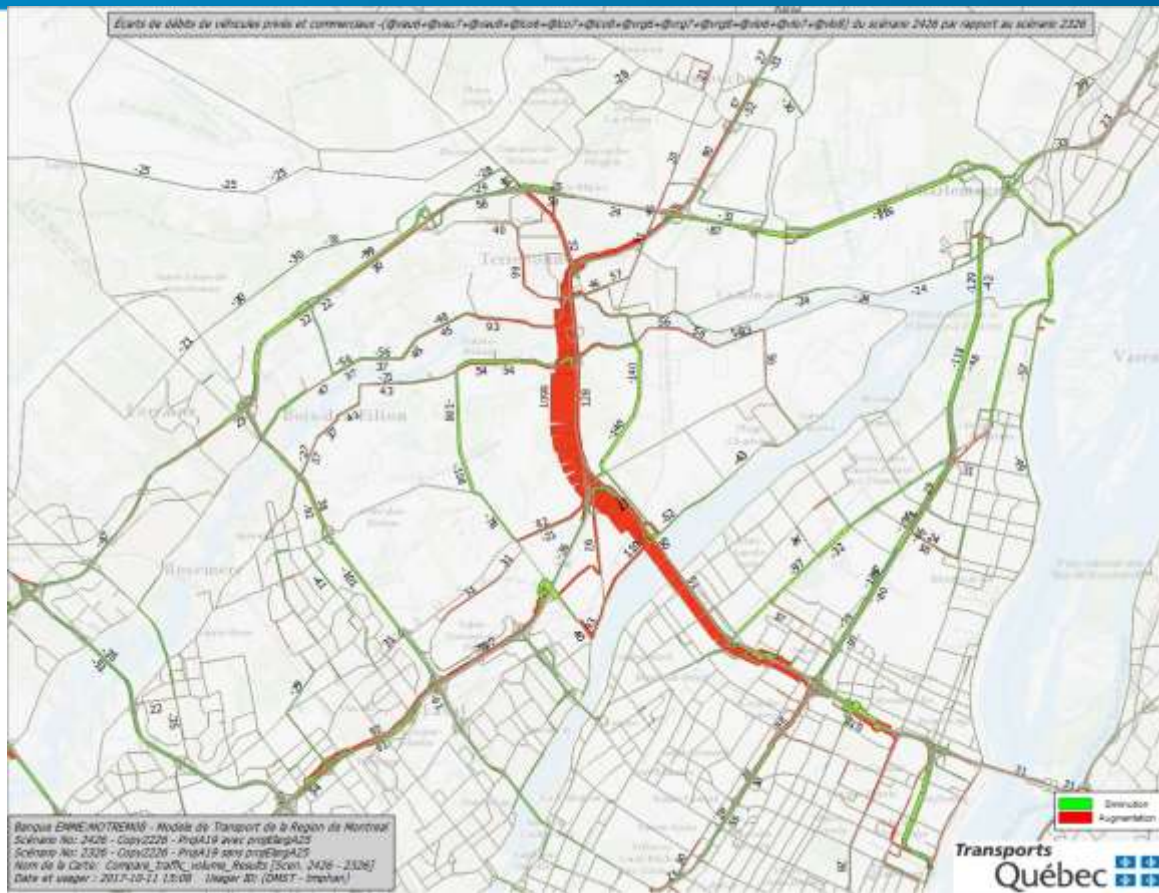
Comparaison de volumes de véhicules sur le réseau entre 2 scénarios

Ex.: l'effet d'un projet d'ajout de voies sur un tronçon

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

Diminution de volume

Augmentation de volume



Modélisation des flux routiers : exemple de résultats (3)

Itinéraires des usagers qui empruntent un lien sélectionné

Ex: A-15 en direction Sud

- Autos
- Année 2016
- Période de pointe AM (5h00 à 8h59)

Volumes d'autos



Modélisation des émissions routières : logiciel MOVES

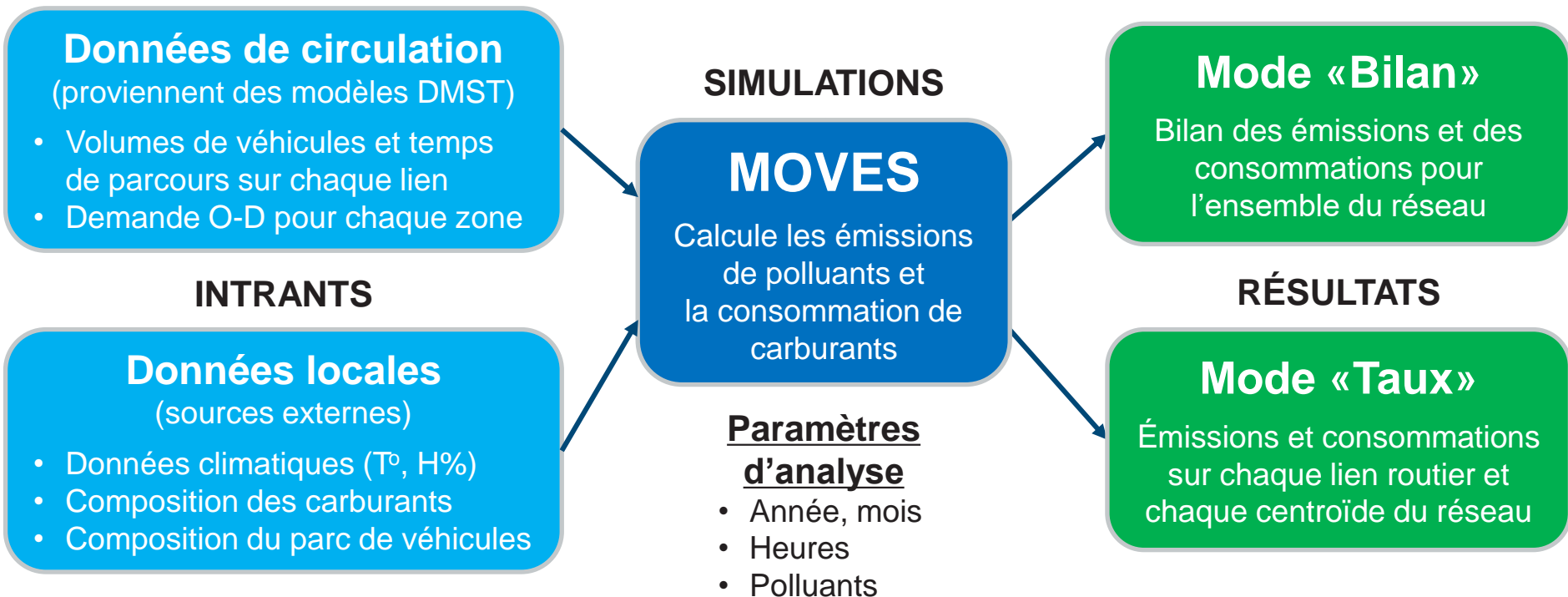
Notre modèle utilise le logiciel MOVES
(*MOtor Vehicle Emissions Simulator*)

<http://www.epa.gov/otaq/models/moves/index.htm>



- Développé par l'EPA (*Environmental Protection Agency*) des États-Unis (logiciel libre)
- 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 actuelle = MOVES2014a
- Actuellement adapté pour Montréal et Québec

Modélisation des émissions routières : processus

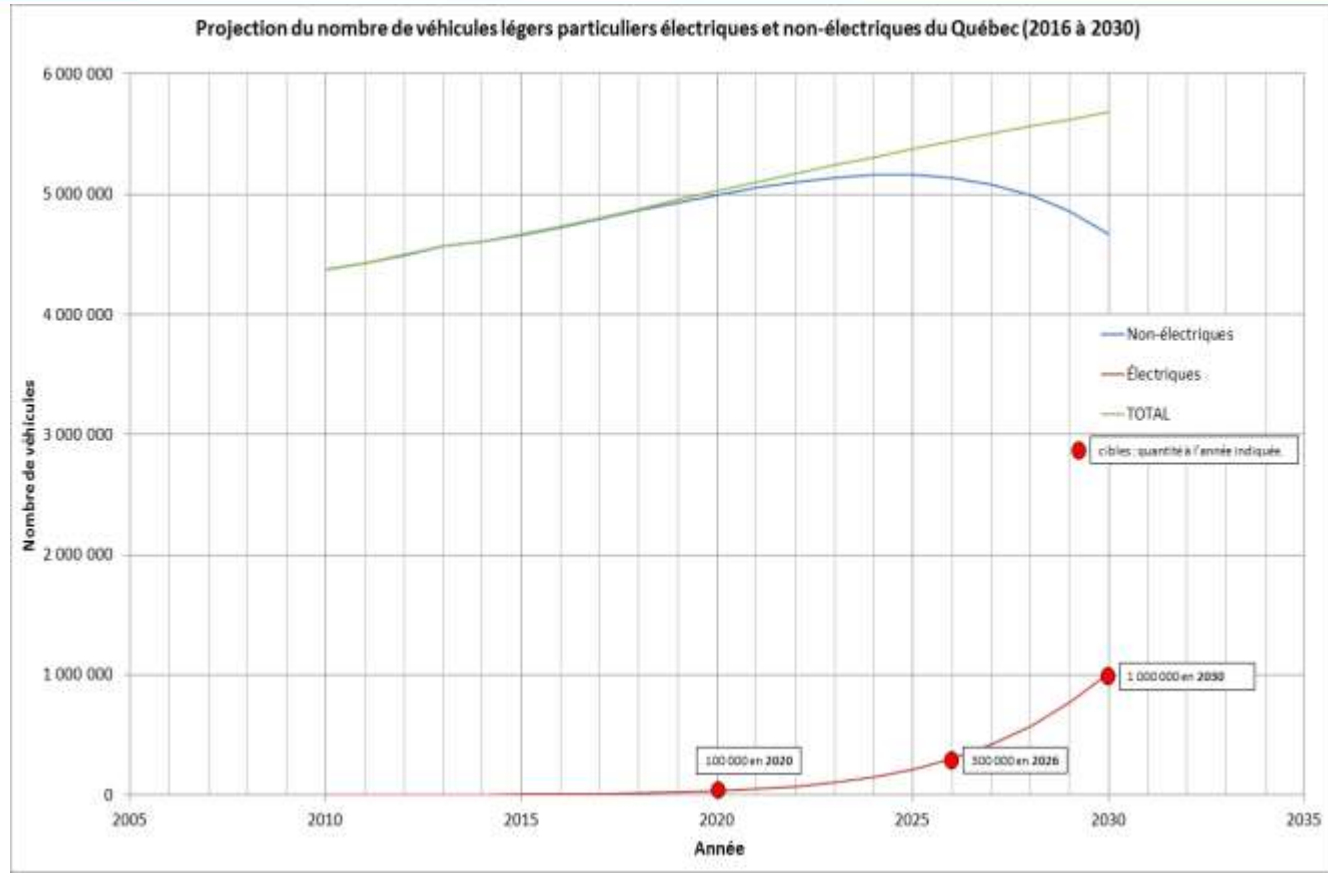


Modélisation des émissions routières : hypothèses

Hypothèse de nombres de véhicules électriques selon les cibles du Plan d'action en électrification des transports

Politique énergétique du Québec 2030

<https://politiqueenergetique.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/politique-energetique-2030.pdf>



Modélisation des émissions routières : extraits du modèle

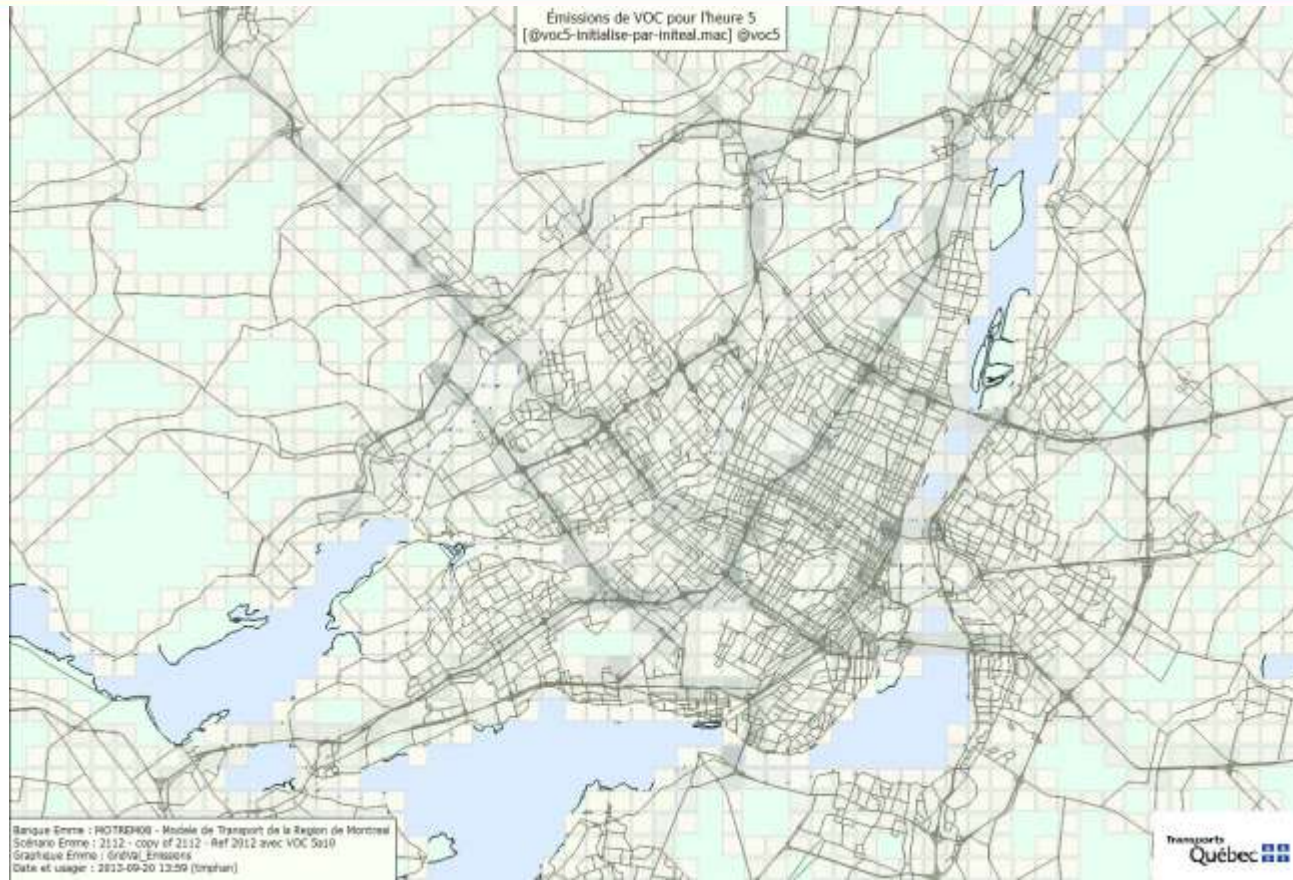
Une centaine de composants peuvent être évalués

- Principaux contaminants : CO, SO₂, NO_x et COV
- Particules de matière : PM₁₀ et PM_{2,5}
- Gaz toxiques : Plomb, benzène, formaldéhyde...
- Gaz à effet de serre (GES) : CO₂, CH₄, N₂O
- Carburants consommés : essence, diesel

Modélisation des émissions routières : Émissions localisées

Densité d'émission de composés organiques volatiles (COV) par heure

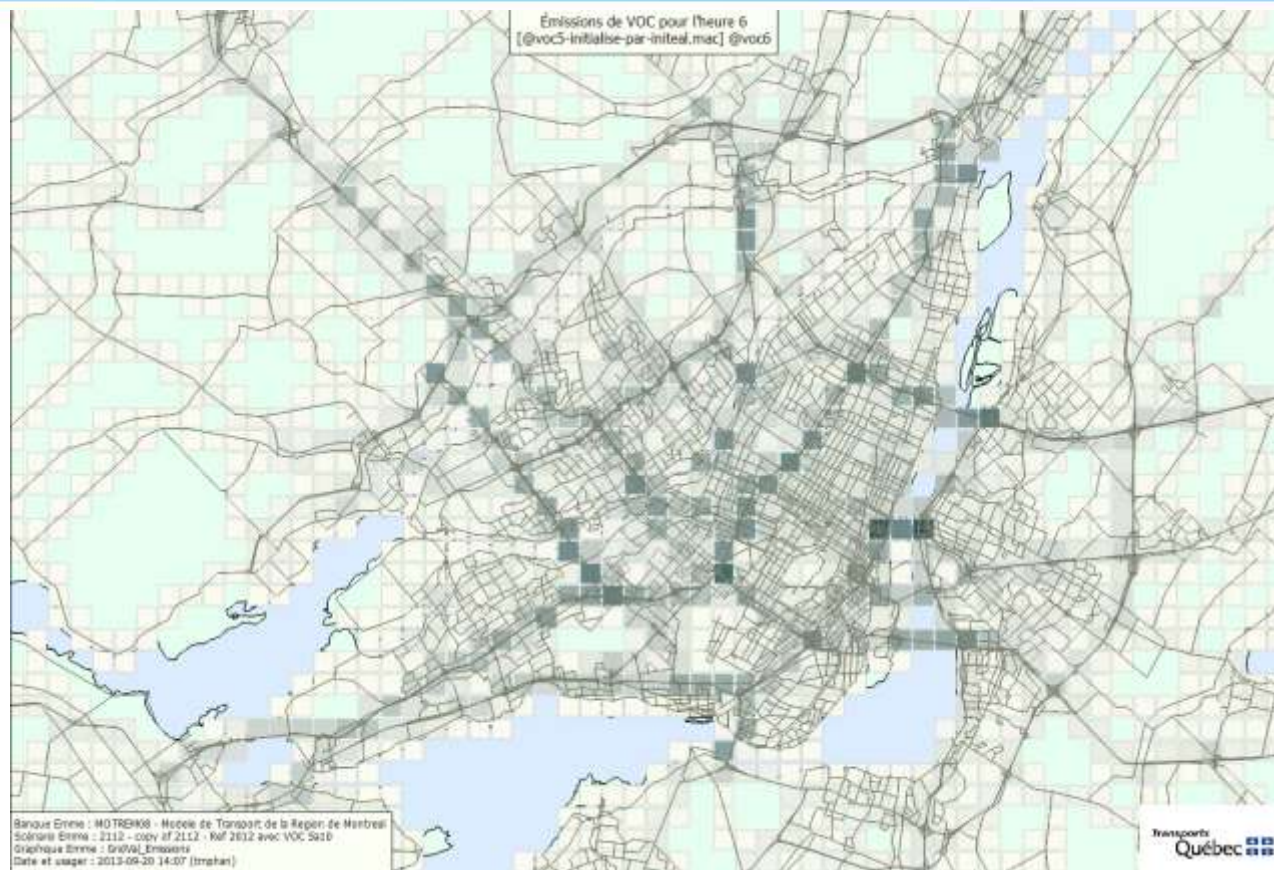
- Grille 1 km²
- Année 2008
- Heure 5 (5h00 à 5h59)



Modélisation des émissions routières : Émissions localisées

Densité d'émission de composés organiques volatiles (COV) par heure

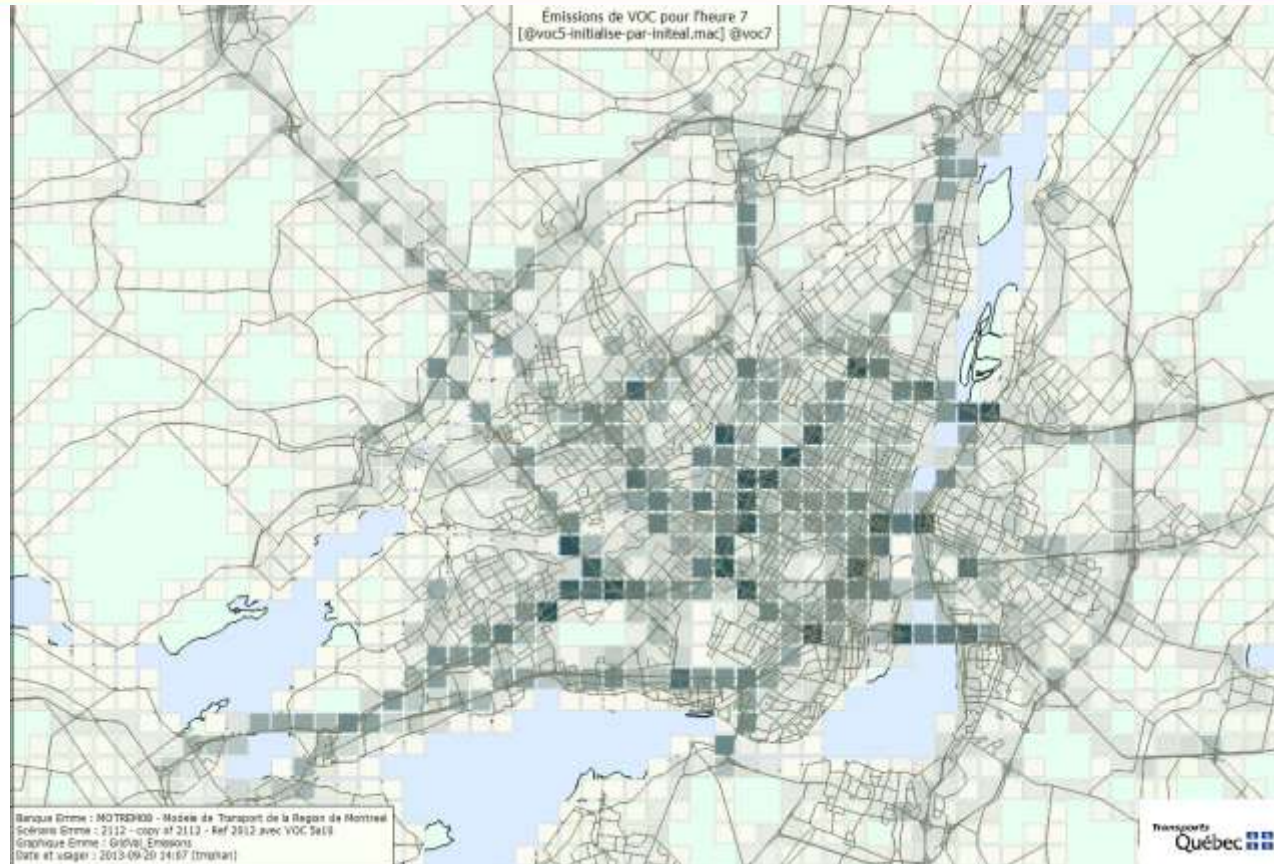
- Grille 1 km²
- Année 2008
- Heure 6 (6h00 à 6h59)



Modélisation des émissions routières : Émissions localisées

Densité d'émission de composés organiques volatiles (COV) par heure

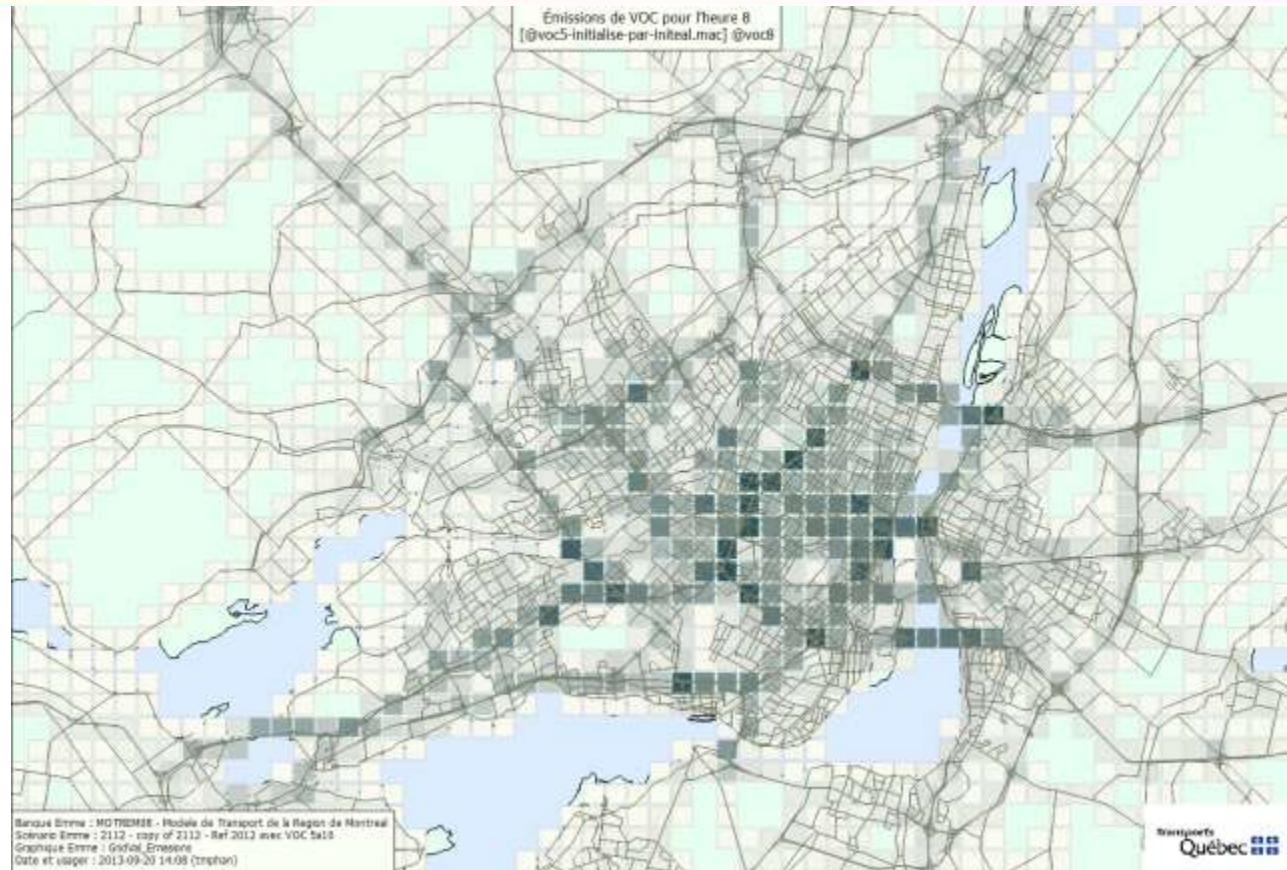
- Grille 1 km²
- Année 2008
- Heure 7 (7h00 à 7h59)



Modélisation des émissions routières : Émissions localisées

Densité d'émission de composés organiques volatiles (COV) par heure

- Grille 1 km²
- Année 2008
- Heure 8 (8h00 à 8h59)

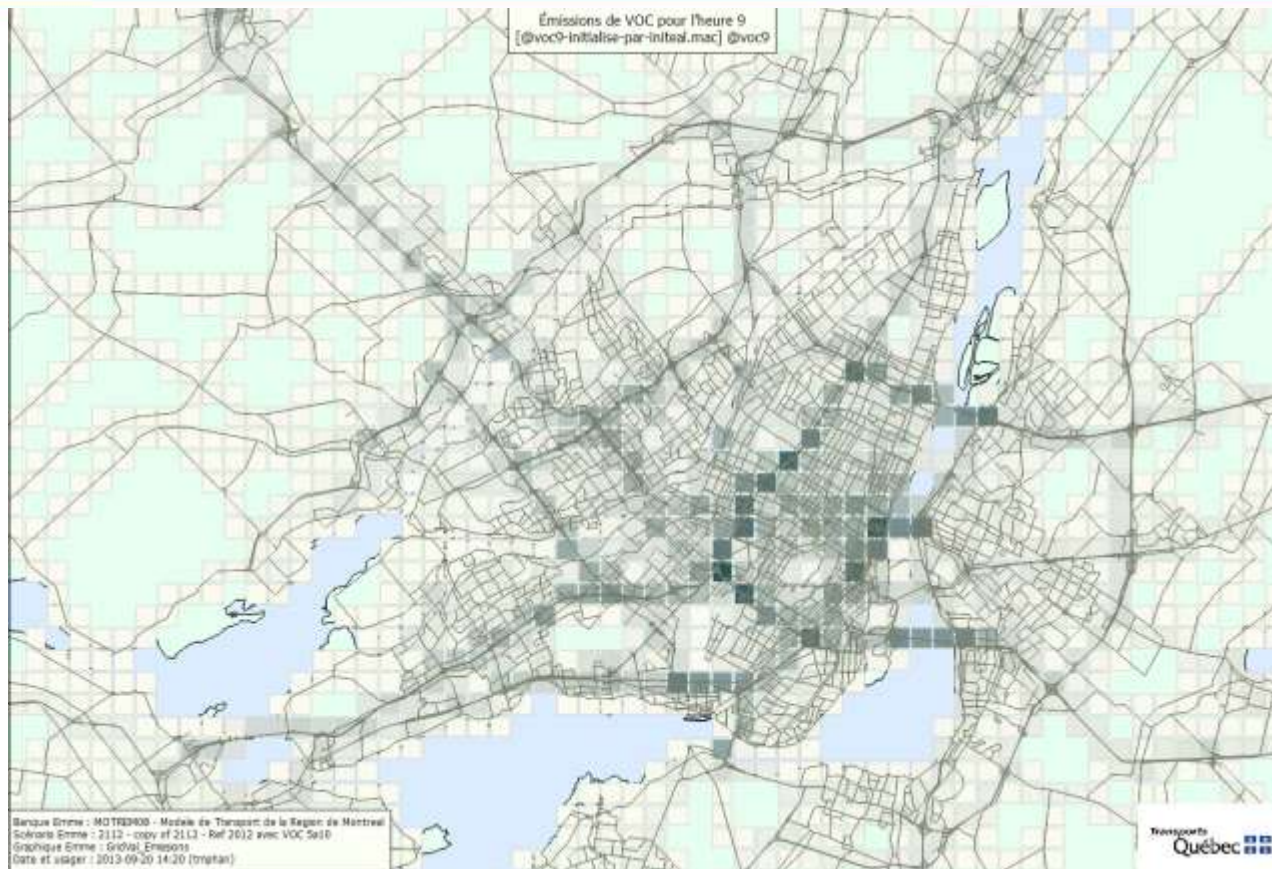


Modélisation des émissions routières : Émissions localisées

Densité d'émission de composés organiques volatiles (COV) par heure

- Grille 1 km²
- Année 2008
- Heure 9 (9h00 à 9h59)

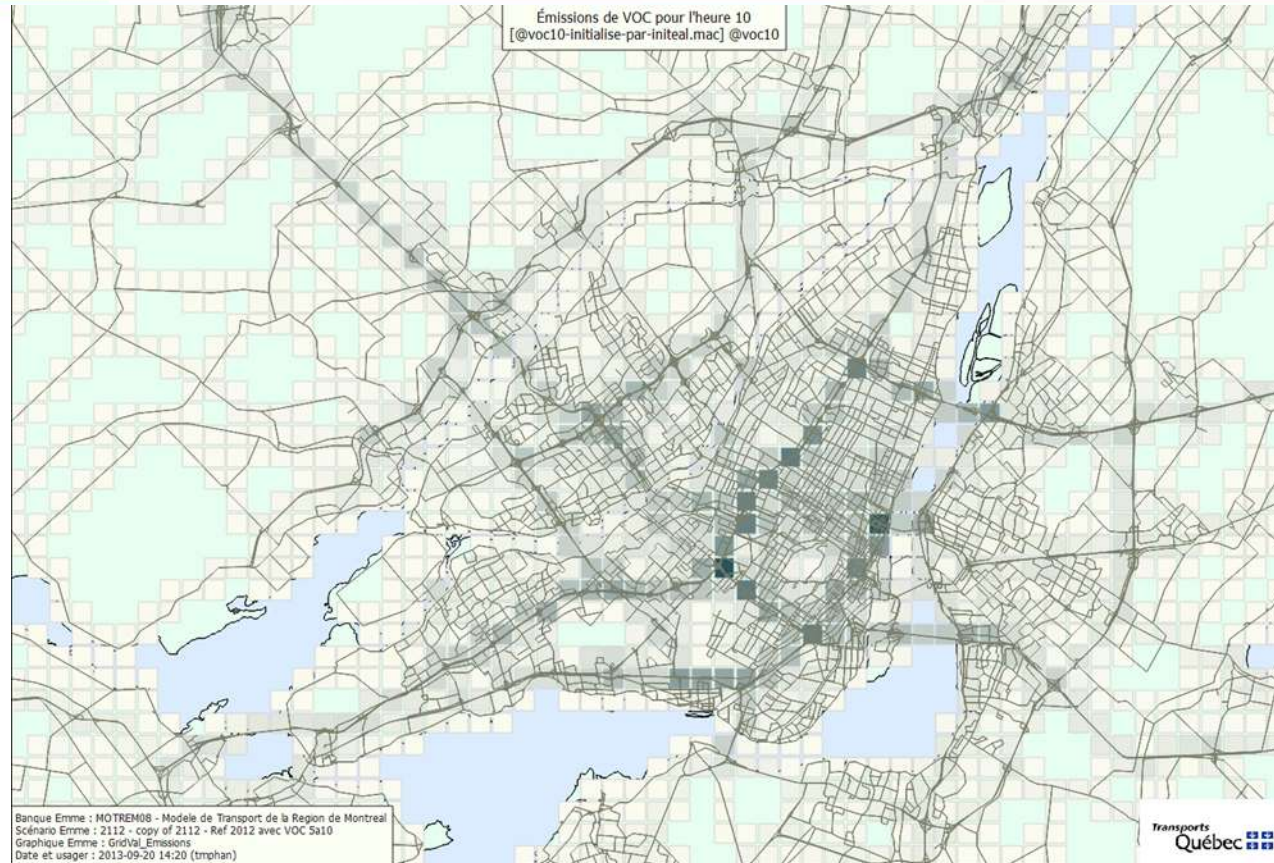
... début de résorption



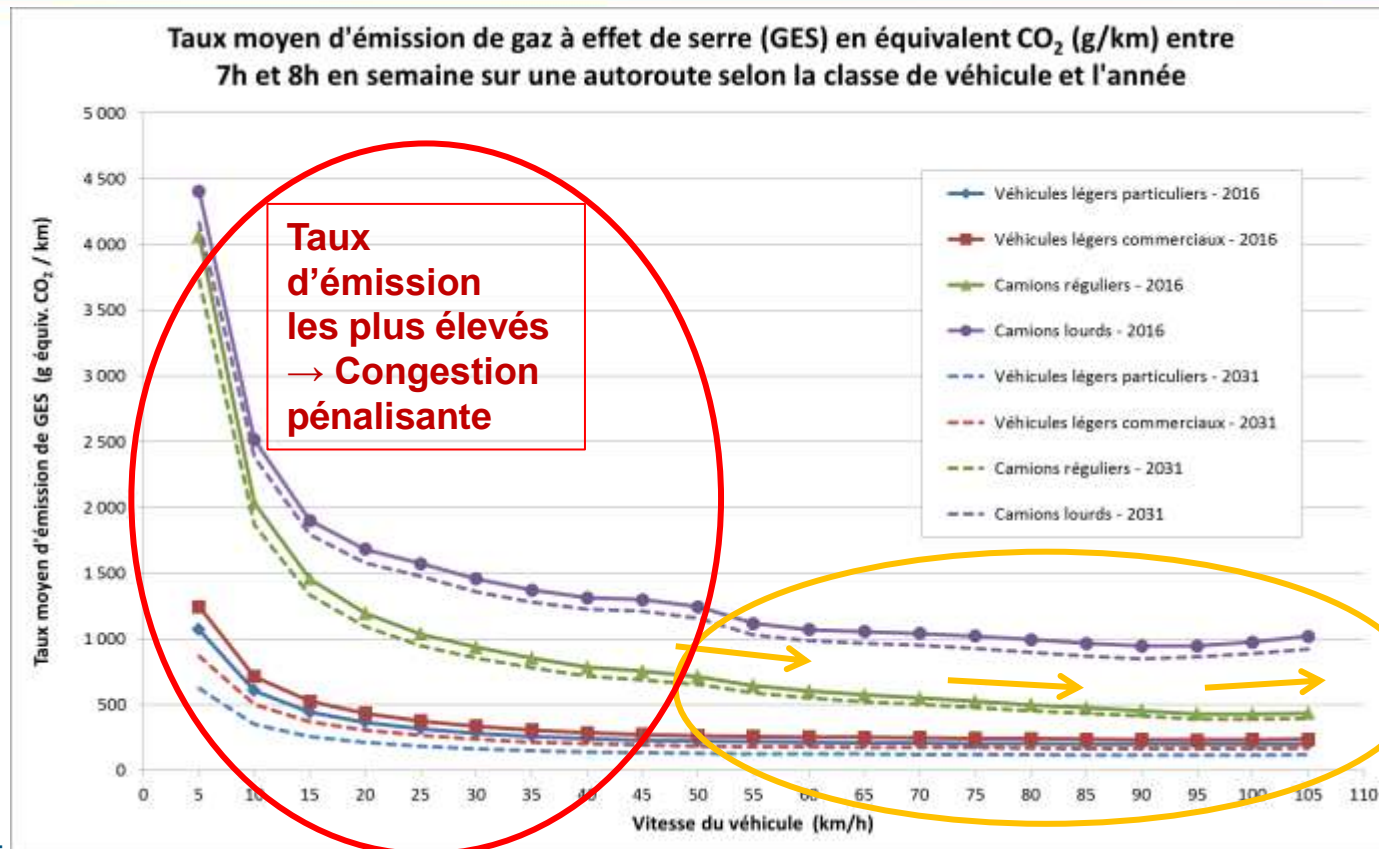
Modélisation des émissions routières : Émissions localisées

Densité d'émission de composés organiques volatiles (COV) par heure

- Grille 1 km²
- Année 2008
- Heure 10 (10h00 à 10h59)



Modélisation des émissions routières : Taux selon la vitesse



Entre 2016 et 2031, les taux d'émissions vont diminuer relativement plus pour les véhicules légers que les camions

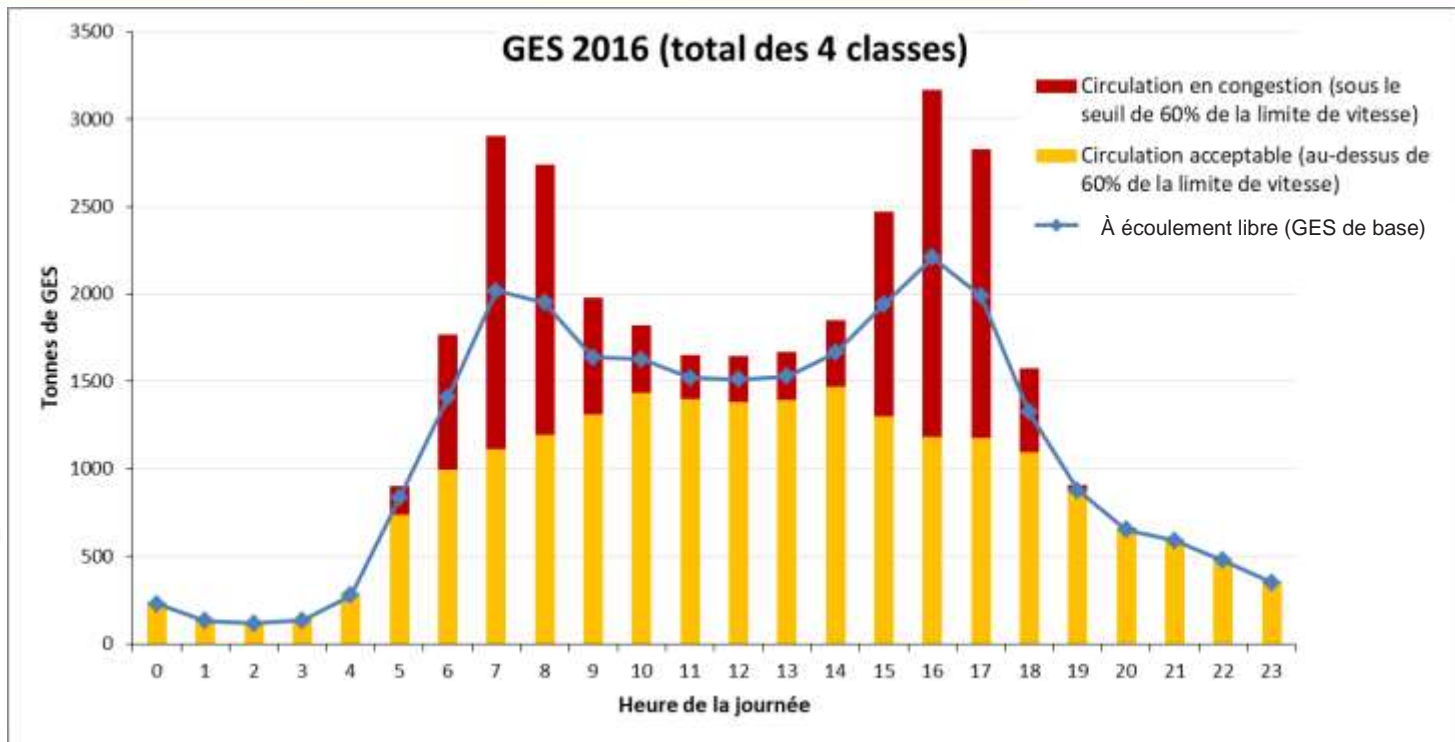
Taux d'émission relativement stables

Modélisation des émissions routières : Bilan régional quotidien

Le bilan quotidien en 2016 est de l'ordre de **32 900 tonnes GES**

La part de la **congestion** est de l'ordre de **~35%**

En l'absence de congestion, on aurait tout de même un bilan de l'ordre de **27 000 tonnes GES**

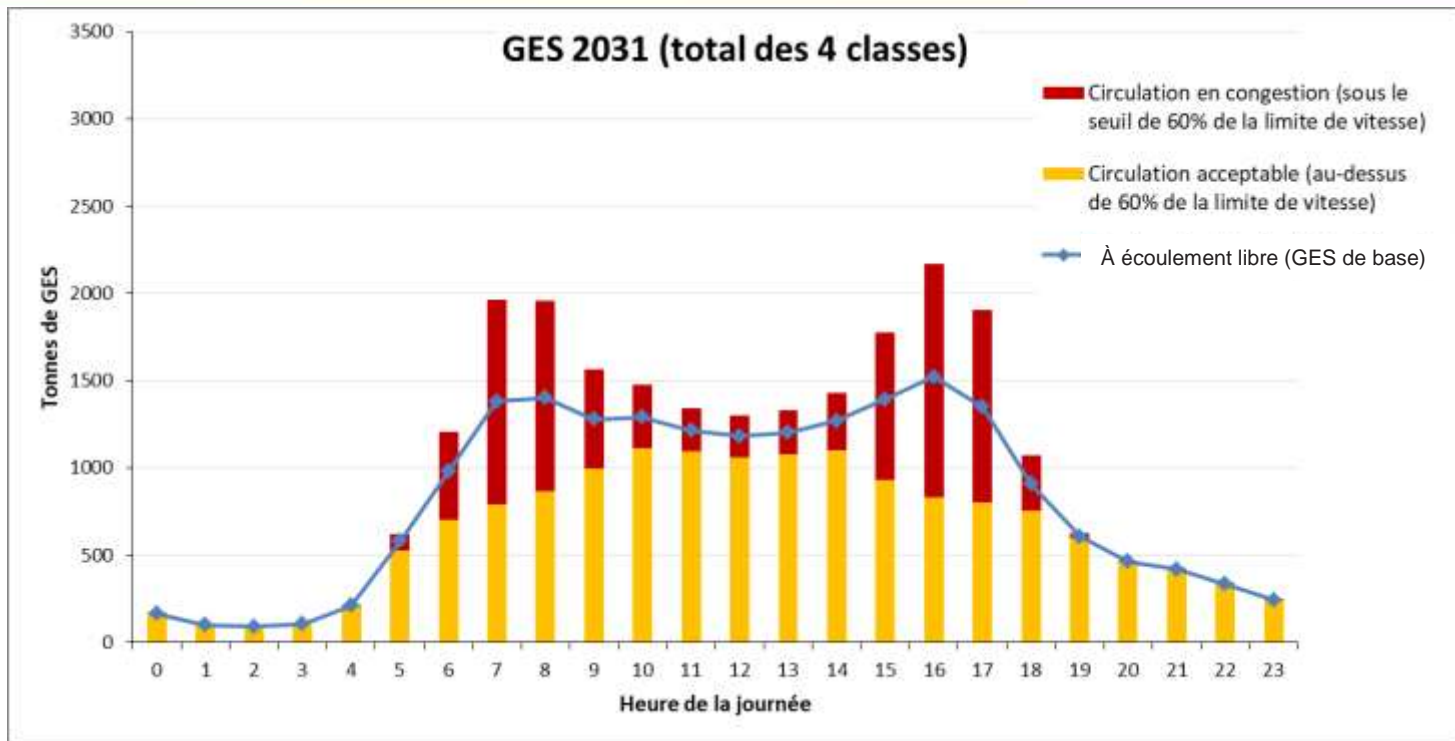


Modélisation des émissions routières : Bilan régional quotidien

La part de la congestion demeure du même ordre (~35%)

Mais le bilan s'améliore avec une diminution de 9 000 tonnes (- 27%) en 2031 par rapport à 2016

Et ce, malgré l'augmentation de la demande



Modélisation des émissions routières : Émissions localisées

Densité d'émission de GES à différentes années

- Grille 1 km²
- Année **2016**
- Pointe AM (5h00 à 8h59)

Échelle :

0.5 tonne équivalent CO₂

1.0 tonne équivalent CO₂

...

5.0 tonnes équivalent CO₂



Modélisation des émissions routières : Émissions localisées

Densité d'émission de GES à différentes années

- Grille 1 km²
- Année **2031**
- Pointe AM (5h00 à 8h59)

Échelle :

0.5 tonne équivalent CO₂

1.0 tonne équivalent CO₂

...

5.0 tonnes équivalent CO₂

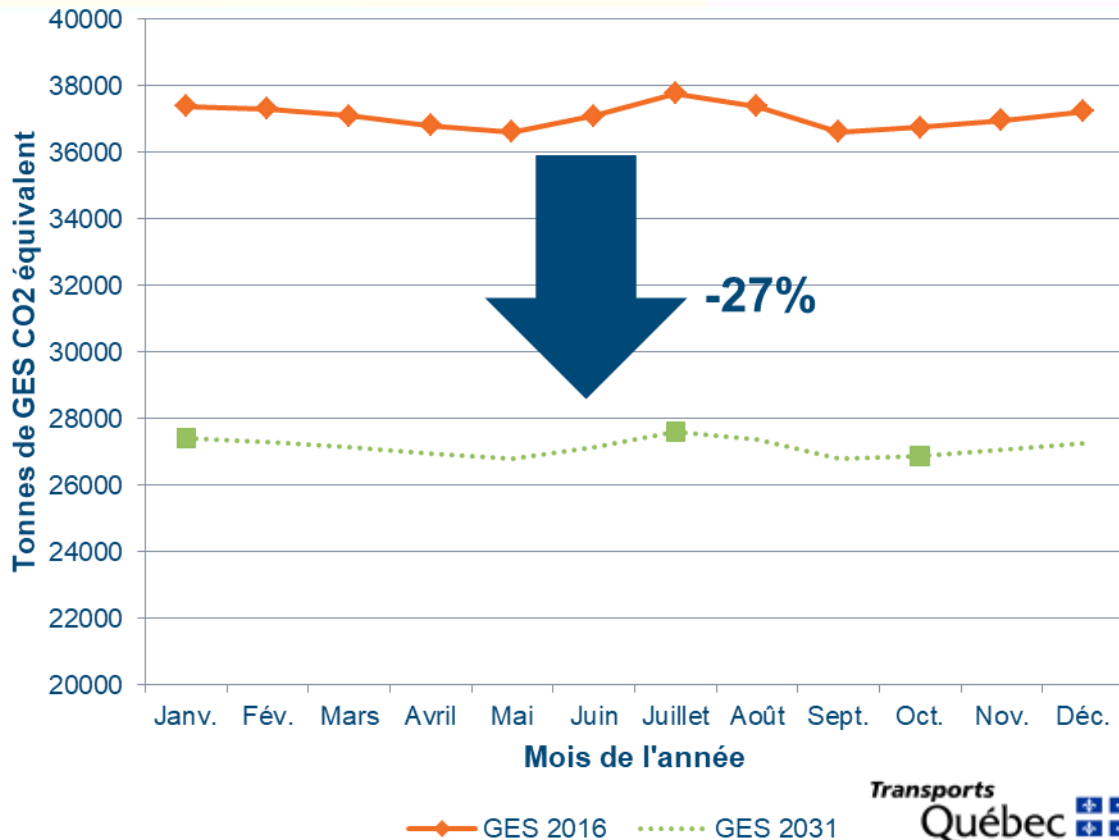


Modélisation des émissions routières : Variations saisonnières

On voit que la réduction de GES est **toujours d'environ 27%** entre 2016 et 2031 **pour chaque mois**.

*Nous avons utilisé la demande du **jour moyen d'automne** pour chaque mois.

*Nous avons utilisé les **mêmes valeurs historiques de la météo** pour 2016 et 2031 (température, humidité).



Conclusion – Usage et sensibilité du modèle

- Nos modèles servent plus à des analyses différentielles (i.e. impacts relatifs avant-après de projets) qu'à produire des bilans annuels absolus.
- Ils donnent un ordre de grandeur des choses; comportent beaucoup d'hypothèses; sont basés sur des méthodes de calcul complexes dans MOVES sur lesquelles on n'a pas de contrôle.
- Les réductions calculées dans les exemples précédents semblent surtout dues :
 - aux véhicules à essence qui consommeront en moyenne moins (\Rightarrow acte de foi envers la norme)...
 - au maintien du rythme de renouvellement de la flotte...
 - aux véhicules électriques (dans une moindre mesure).

Conclusion – Limites de la modélisation

Limitations relatives aux données disponibles ou aux hypothèses à poser

- **Jour-type d'automne** (puisque basé sur données d'enquêtes OD)
 - . Représente les jours ouvrables seulement
 - . Pas de données pour les autres saisons (impact des vacances et du tourisme)
- **Seules les régions urbaines** sont modélisées
 - . Ne couvre pas les déplacements dans les autres régions
 - . Ne couvre pas l'interurbain
 - . Les conditions de **congestion mesurées à Montréal ou Québec** ne se transposent pas à tout le territoire du Québec.
- L'évolution de la **composition de la flotte** (ex: âge, mixité de véhicules) et le taux de renouvellement des véhicules varie d'une région urbaine à l'autre et entre les régions urbaines et rurales.
- Autres paramètres à considérer : prise en compte du TC et du camionnage, hypothèse de changement climatique, utilisation de cycles de conduite adaptés à notre réalité, etc.

Conclusion – Qualités du modèle et perspectives

Qualités du modèle

- Basé sur des données probantes et une rigueur méthodologique
- Modèle routier qui est utilisé et amélioré depuis plusieurs décennies
- Modèle MOVES sensible à plusieurs paramètres
- Conscience et transparence vis-à-vis des limites de nos modèles ...

Perspectives de recherche et développement

- Politique de mobilité durable (PMD) : volonté de tenir une enquête de mobilité des personnes à l'échelle nationale et de se doter de données en transport de marchandises (enquête sur le camionnage)
- Pourrait mener au développement d'un modèle routier national



Merci!

Questions?

Collaborateurs:

Tan Minh Phan, ing.

Direction de la modélisation des systèmes de transport

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

Marc-André Tessier, ing., M.Sc.A

Direction de la modélisation des systèmes de transport

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