

Pour une meilleure compréhension des usages du transport collectif et autres modes partagés

Pr Martin Trépanier

Polytechnique Montréal

Directeur du Centre interuniversitaire de recherche sur les
réseaux d'entreprise, la logistique et le transport

CIRRELT

LA SCIENCE DES DONNÉES
AU SERVICE DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE

22 MARS | 9H À 17H
AMPHITHÉÂTRE BANQUE NATIONALE, HEC MONTRÉAL,
3000 CH. DE LA CÔTE-SAINTÉ-CATHERINE



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIÉRIE



Dans cette présentation

- Contexte
 - la mobilité durable des personnes
- Données
 - ce qui est disponible et sous quelle forme
- Méthodes de valorisation des données
 - fouille de données, IA
- Quelques résultats
 - cartes à puce, autopartage, vélopartage
- Perspectives

Contexte

la mobilité durable des personnes

Contexte

La mobilité individuelle n'est pas durable

- Au Québec, le transport occupe une **place prépondérante** dans le bilan GES (près de 50%)
- Le réseau routier québécois est **saturé** à plusieurs endroits, sinon à plusieurs moments durant une semaine type
- L'**électrification** de la voiture individuelle n'est pas « la » solution
 - une voiture déplace majoritairement de **l'air**
 - pas de résolution de la **congestion** (une voiture est une voiture)
 - **bilan environnemental** mitigé (analyse de cycle de vie)
 - voiture **autonome** électrique individuelle → bilan encore pire, potentiellement

Contexte

La mobilité individuelle n'est pas durable

- Au Québec **prépondér**
- Le réseau sinon à plu
- L'**électrific** solution
 - une voitu
 - pas de ré
 - **bilan env**
 - voiture a potentiel

Toyota Corolla	
	
1998 Longueur = 4420 mm Poids = 1095 kg Consommation = 6.0 / 8.3 L/100 km	2018 Longueur = 4650 mm Poids = 1300 kg Consommation = 5.9 / 8.4 L/100 km

%)
eurs endroits,
e type
t pas « la »
t une voiture)
e vie)
encore pire,

Contexte

Que faire alors?

- Moins se déplacer
 - Le **télétravail** est possible dans une très grande quantité de métiers, plus qu'avant
- Mieux se déplacer
 - Il faut viser l'utilisation de modes de transport qui génèrent collectivement une **meilleure empreinte environnementale**
 - Il faut viser l'utilisation de **modes actifs** qui permettent l'exercice physique
 - Il faut offrir aux citoyens un **éventail de modes** afin qu'ils se libèrent de leur voiture individuelle → sevrage modal

Contexte

Les différents modes « partagés »

- Le **transport collectif**
 - Autobus, métro, trains de banlieue
- Le **vélopartage**
 - Bixi (aussi → vélo individuel)
- L'**autopartage**
 - Basé sur des stations (service régulier de Communauto)
 - En libre-service (Auto-Mobile, Car2go)
- Le **taxi**
 - Régulier ou sur demande
- Le **covoiturage**
 - Déplacement en voiture individuelle, mais partagée

Données

Ce qui est disponible aux chercheurs et sous quelle forme

Données

Les types de données

- Voici les données pertinentes pour l'analyse des systèmes de transport
 - Les **données transactionnelles** caractérisent l'usage d'un système par un usager
 - Les **données de télémétrie et de suivi** permettent de suivre des véhicules et des dispositifs comme des téléphones intelligents
 - Les **descripteurs cinétiques** sont des données qui décrivent les réseaux de transport
 - Les **données exogènes** permettent de qualifier les conditions dans lesquelles se fait la mobilité (ex. conditions météo)

Données

Ensembles de données disponibles

- Données « ouvertes »
 - Données sur les **réseaux** de transport collectif, certaines données transactionnelles Bixi, données **exogènes** (météo, recensement)
 - **Enquêtes** origine-destination
- Grâce aux ententes de recherche (via travaux en partenariat avec partenaires et collègues → Agard, Morency, Munizaga / STM, STO, RTL, STL, RTC, Communauto, Bixi, etc.)
 - Données transactionnelles de cartes à puce (**OPUS + STO**)
 - Données de réservation de **Communauto**
 - Données de télémétrie de **Communauto + taxis**
 - Données transactionnelles de **Bixi**
 - Toutes les données transactionnelles sont strictement anonymisées

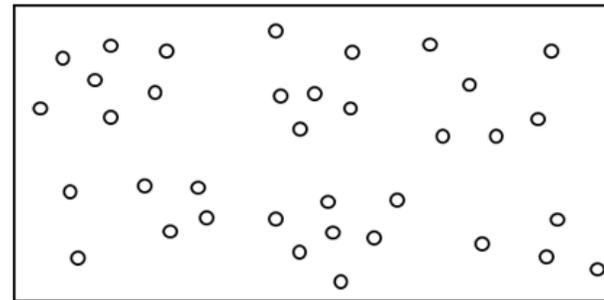
Méthodes de valorisation des données

Fouille de données, méthodes liées à l'intelligence artificielle

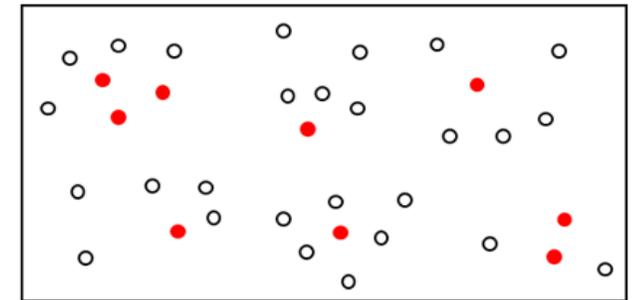
Méthodes de valorisation des données

Fouille de données

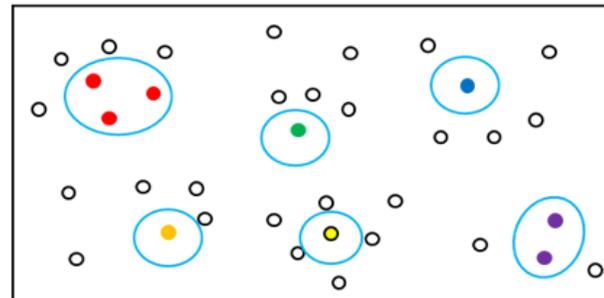
- Les méthodes de **fouille de données** permettent de caractériser l'utilisation des systèmes de transport en regroupant des usagers/véhicules/stations selon le comportement de mobilité associé
- Les méthodes classiques de **data mining** ne sont pas adaptées aux problèmes de transport (espace et temps)
- La **taille des données** représente également un défi pour certaines méthodes



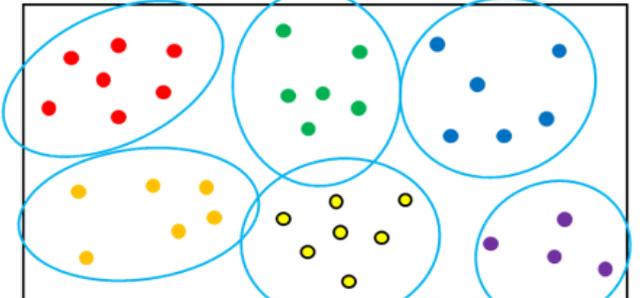
(a)



(b)



(c)

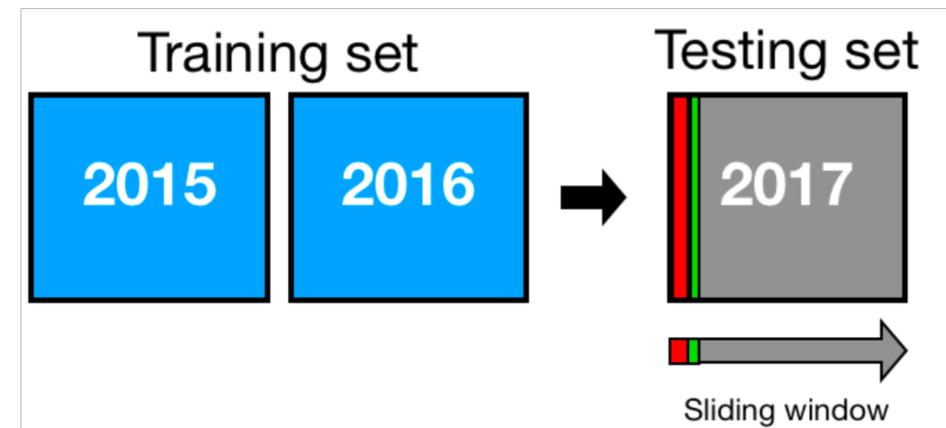


(d)

Méthodes de valorisation des données

Méthodes de prévision

- L'**apprentissage machine** peut être utilisé pour établir des modèles de prévision de l'utilisation des systèmes de transport
- La **complexité** inhérente de ces systèmes et la **quantité** de données se prêtent bien à l'utilisation de l'intelligence artificielle
- Ces méthodes se basent sur une **situation vécue** afin de reproduire des comportements → limites
- Méthodes:
 - *Random Forest*
 - *Gated Recurrent Units (appr. profond)*
 - *Artificial Neural Network*



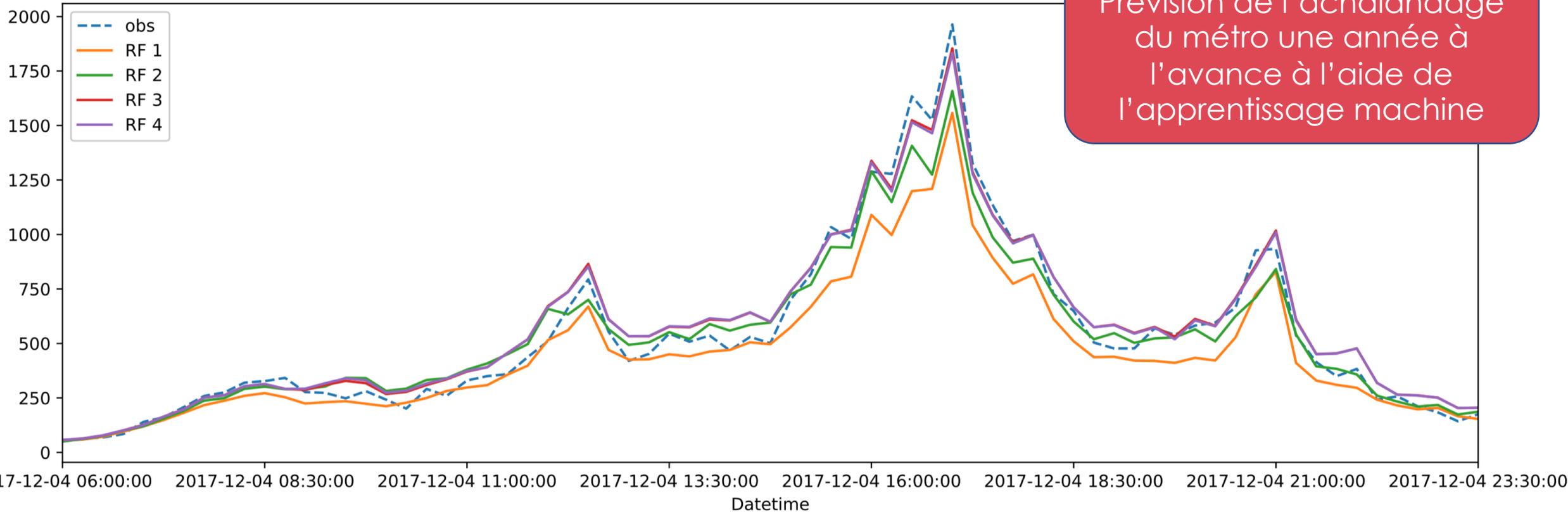
Quelques résultats

... appliqués aux modes partagés

Quelques résultats

Transport collectif : prévision

Station Berri-UQAM

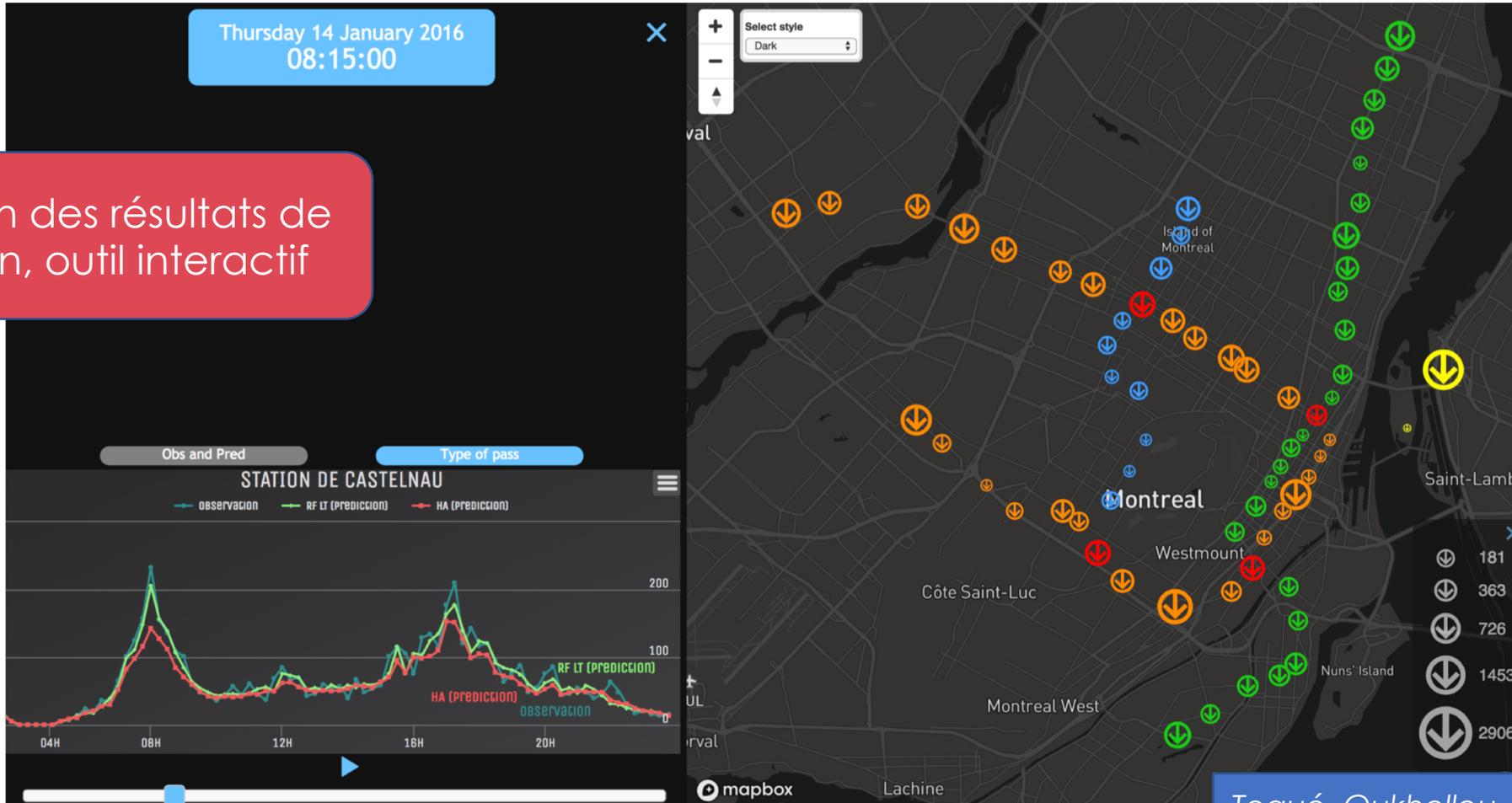


Toqué, Oukhellou, Cômé, Trépanier

Quelques résultats

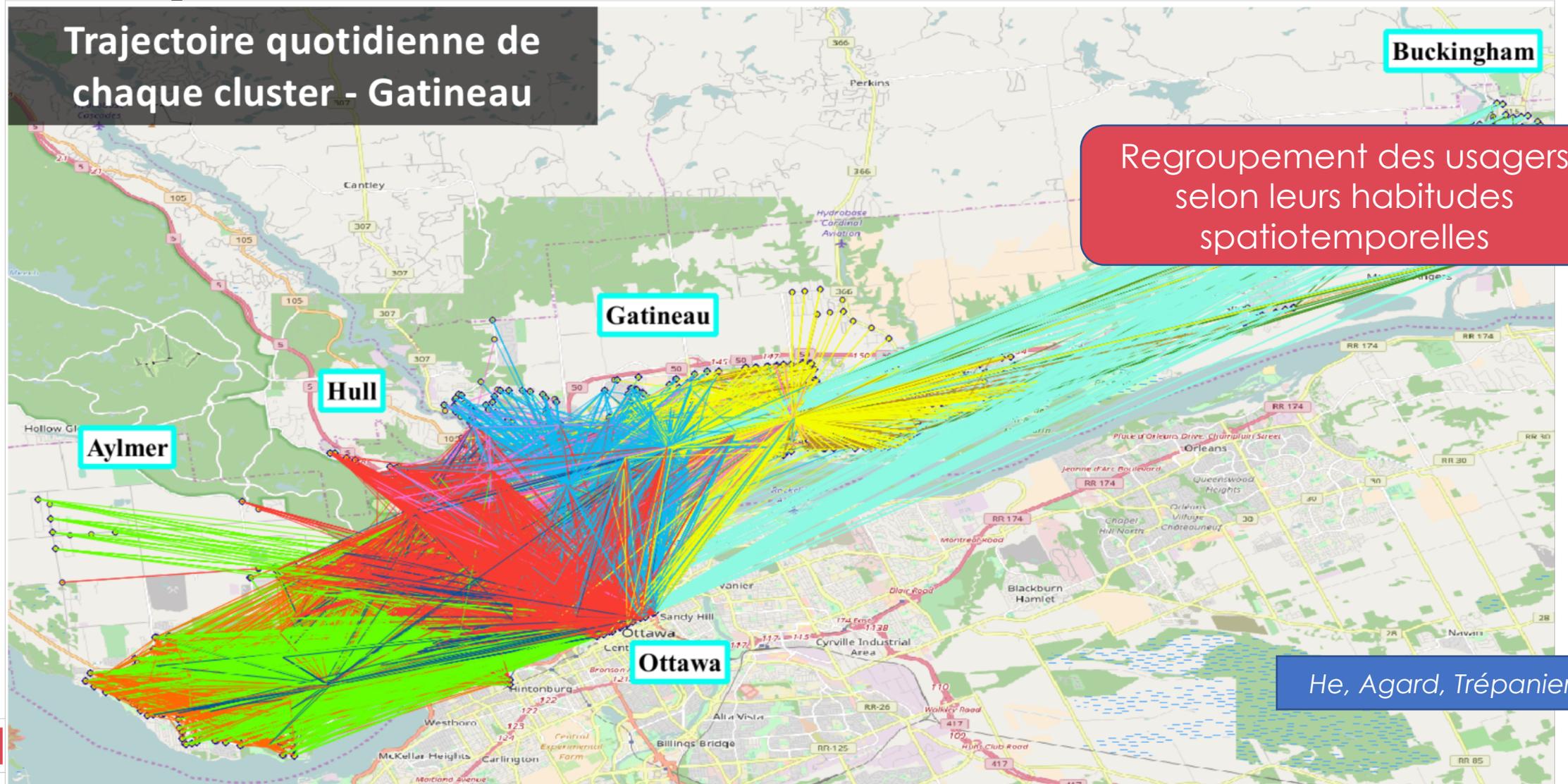
Transport collectif : visualisation

Visualisation des résultats de la prévision, outil interactif



Quelques résultats

Transport collectif : fouille de données



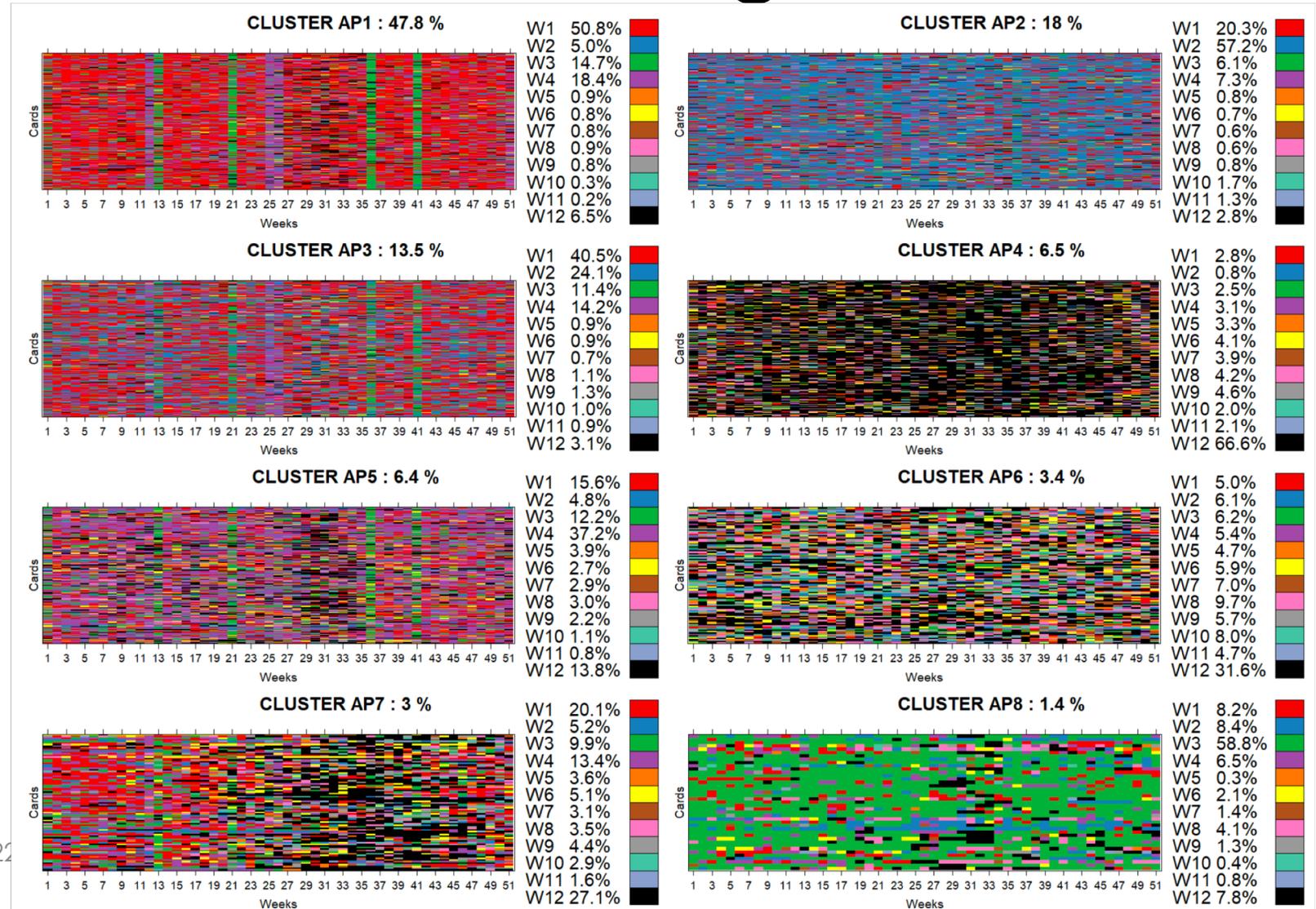
Quelques résultats

Transport collectif : stabilité longitudinale

Analyse de la stabilité des comportements des usagers en examinant leur appartenance successive aux groupes

Deschaintres,
Trépanier, Morency

CIRRELT



Quelques résultats

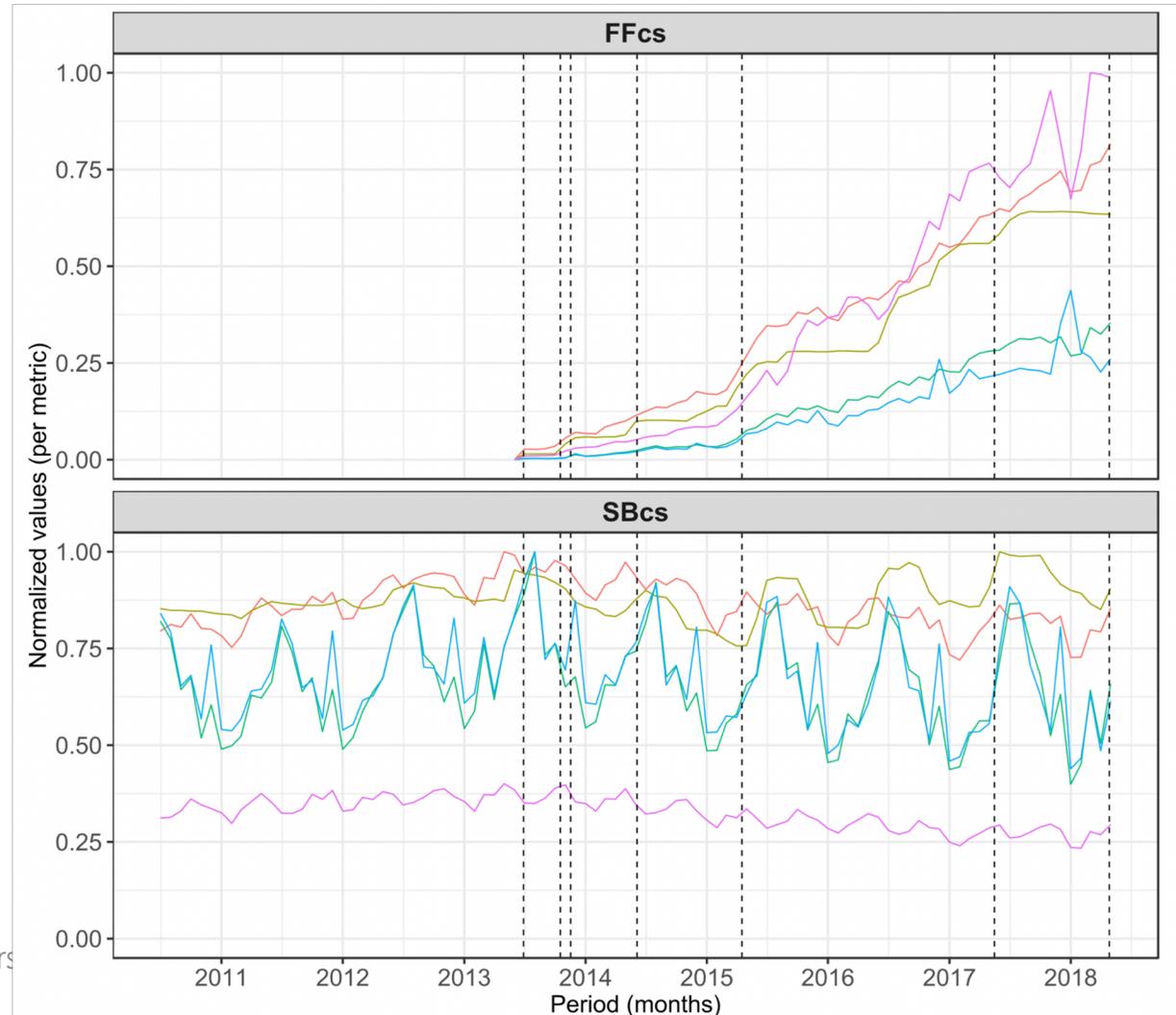
Autopartage urbain: évolution

Communauto: évolution du service basé station (SBcs) à l'ouverture du libre-service Auto-Mobile (FFcs) pour différentes zones de desserte

Wielinski, Trépanier,
Morency

CIRRELT

22 mars



Quelques résultats

Taxi: état des lieux

Les taxis sont utilisés
environ 17% du
temps

	A-05	A-11	A-12	Territoire complet
Offre				
Nombre de permis réguliers	320	3840	266	4426
% des permis du territoire complet	7,2 %	86,8 %	6,0 %	100 %
Heures de service régulier ¹ en 2016 [hrs]	0,91 M	13,87 M	0,75 M	15,53 M
Distance totale parcourue en 2016 [km]	16,7 M	214,9 M	17,6 M	249,2 M
Demande				
Courses effectuées en 2016	772 700	12 038 600	610 600	13,42 M
Revenus totaux estimés en 2016 [\$]	10,57 M	172,24 M	11,6 M	194,4 M
Comparaison offre vs demande				
% du temps avec client	15,2 %	18,4 %	17,7 %	18,2 %
% du kilométrage avec client	21,0 %	30,5 %	27,3 %	29,7 %
Course/heure de service régulier	0,85	0,87	0,81	0,86

Bourdeau, Laviolette,
Morency

Quelques résultats

En fait, ces modes sont interreliés

Bixi, taxi plus importants (nuits du WE)

Bixi, taxi moins important

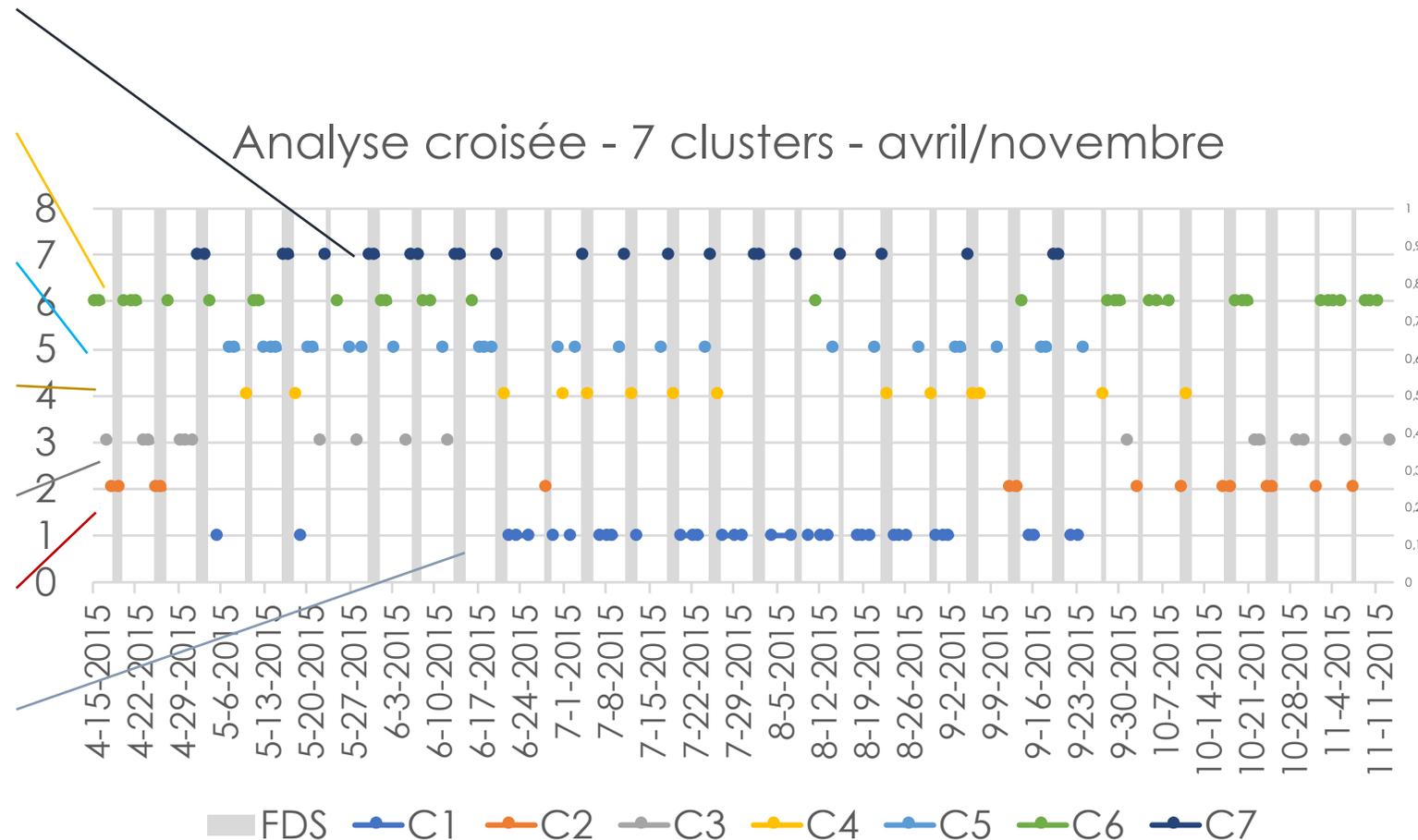
Grosse journée de déplacement pour tous les modes

Petite journée de déplacement pour tous les modes

Petite journée Bixi (frais, pluie)

Grosse journée taxi (WE, frais)

Vélopartage important, taxi faible



Morency, Trépanier,
Verreault, Bourdeau

Quelques résultats

L'utilisation de l'automobile privée

La voiture individuelle est le plus souvent sous-utilisée

Région	ID	Taux d'occupation								Global
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Centre-ville	1	1.32	1.26	1.20	1.19	1.17	1.13	1.19	1.17	1.22
Montréal-Centre	2	1.23	1.29	1.23	1.22	1.12	1.19	1.14	1.13	1.25
Montréal-Est	3	1.18	1.23	1.32	1.11	1.05	1.15	1.13	1.10	1.25
Montréal-Ouest	4	1.17	1.23	1.13	1.27	1.11	1.12	1.08	1.15	1.24
Rive-sud proche	5	1.18	1.12	1.06	1.10	1.27	1.10	1.13	1.17	1.23
Laval	6	1.13	1.19	1.16	1.12	1.10	1.29	1.12	1.20	1.24
Couronne nord	7	1.18	1.14	1.13	1.07	1.13	1.12	1.23	1.16	1.21
Couronne sud	8	1.16	1.13	1.09	1.15	1.16	1.21	1.16	1.23	1.21
Global		1.21	1.25	1.25	1.23	1.23	1.24	1.21	1.21	1.23

Verreault, Morency

CIRRELT

Quelques résultats

Et si on partageait les automobiles privées?

Si tous les véhicules étaient mutualisés, on pourrait réduire le nombre de véhicules requis pour assurer les déplacements des conducteurs, selon la distance maximale à marcher pour accéder à un véhicule!

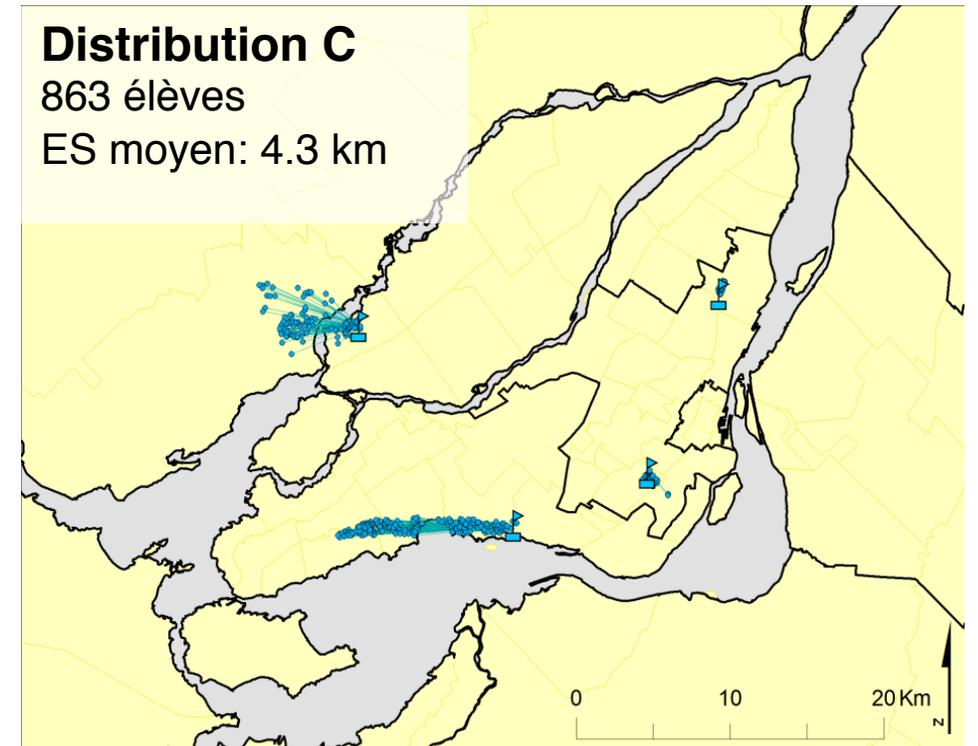
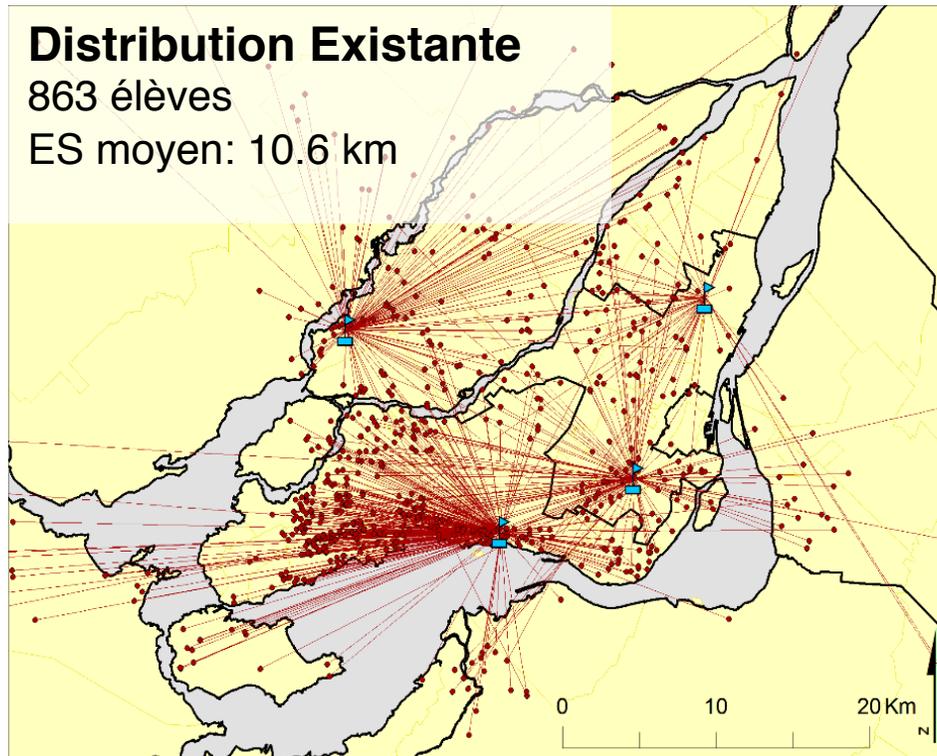
OD2013 - Jour moyen de semaine	Déplacements/ véhicule	Véhicules	Retrait véhicules
Véhicules utilisés pendant un jour moyen de semaine	2.80	1 885 275	
Scénario 125 m	3.72	1 415 679	- 469 596
Scénario 250 m	4.69	1 123 801	- 761 474
Scénario 500 m	6.43	818 939	- 1 066 336

Morency

Quelques résultats

C'est plus compliqué que ça...

Les choix des lieux d'activité affectent grandement la mobilité



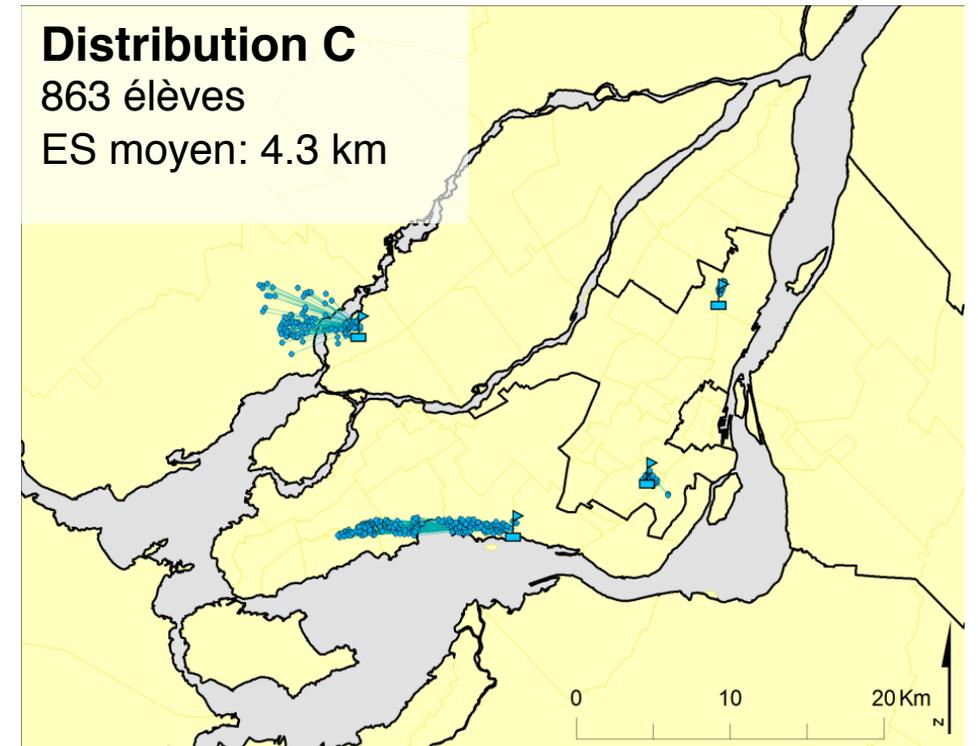
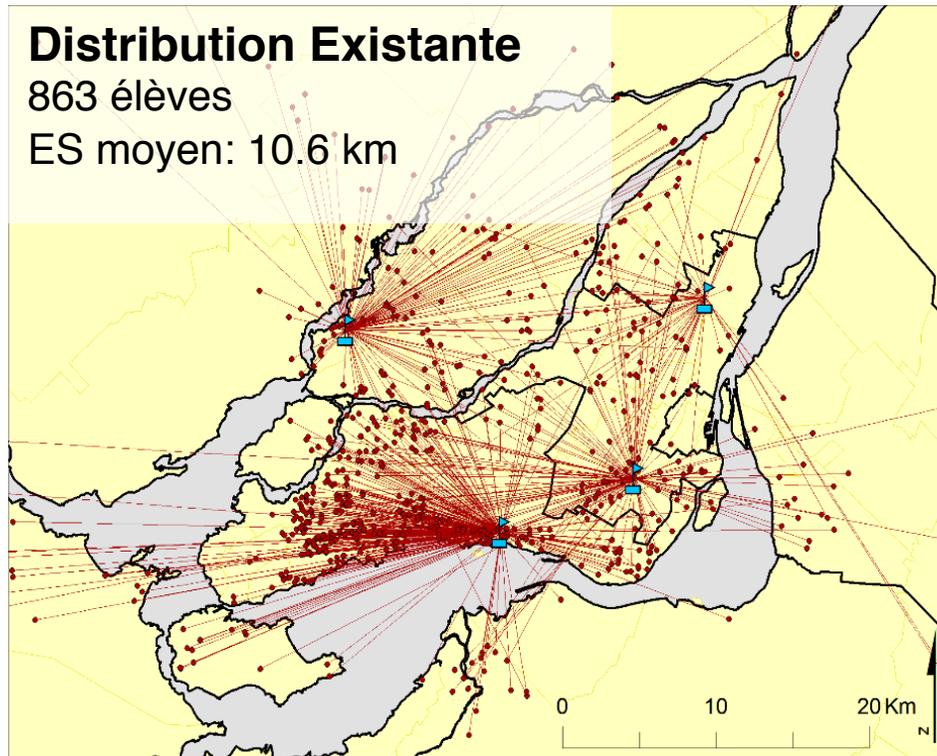
Morency

CIRRELT

Quelques résultats

C'est plus compliqué que ça...

Les choix des lieux d'activité affectent grandement la mobilité



Morency

CIRRELT

Perspectives

Perspectives

La science des données et le transport durable

- De **plus en plus de données** disponibles
- Non seulement il faut intégrer des méthodes de l'IA, mais il faudra développer des modèles de prévision, planification, opération encore plus puissants
 - L'IA est une **partie de l'équation**
 - La **prise de décision** reste au cœur du problème
 - Chaque voiture, la plus intelligente soit-elle, ne pourra pas « régler » la situation (« user optimizing vs. **system optimizing** »)
 - Les questions d'**éthique**, d'**équité** et de **gouvernance** sont cruciales
 - Les chercheurs du CIRRELT resteront aux **aguets!**

Merci!



ÉTS

Le génie pour l'industrie



*Fonds de recherche
Société et culture*

Québec 



McGill



UNIVERSITÉ
LAVAL

UQÀM

Université du Québec à Montréal

*Fonds de recherche
Nature et
technologies*

Québec 

HEC MONTREAL

Université 
de Montréal

CIRRELT

22 mars 2019 - La science des données au service du
développement durable