

COMPORTEMENT DES USAGERS FACE AUX VÉHICULES ÉLECTRIQUES DANS UN SYSTÈME D'AUTOPARTAGE EN LIBRE-SERVICE INTÉGRAL

Gregory Wielinski,

Pr Martin Trépanier, Pr Catherine Morency

Polytechnique Montreal

Marco Viviani,

Communauto



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

Département de mathématiques et de génie industriel
Département des génies civil, géologique et des mines



Introduction

Électrification des transports



Métro de Montréal



Autobus électriques



Programme CLIC AMT

PROPULSER LE QUÉBEC PAR L'ÉLECTRICITÉ

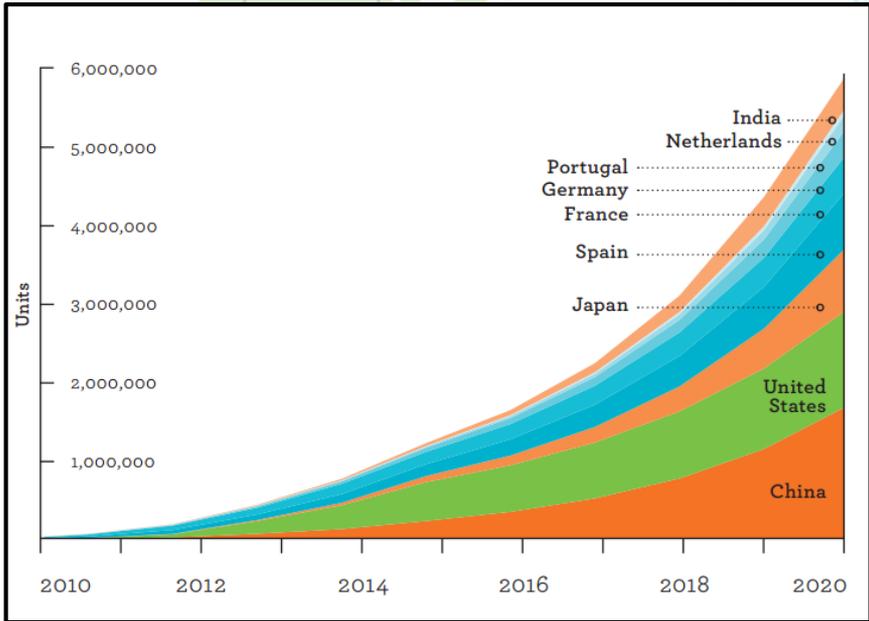


Source: MTQ (2015)

Le véhicule électrique (VÉ)

Global EV Stock
 (through end of 2012)
 represents 0.02% of total passenger cars

180,000+



EVI Goal
 represents 2% of total passenger cars (projected)

20 million
 on the road
 by 2020

100,000 EVs
 Global EV stock, end of 2012

24%
 JAPAN
 EV Stock: 44,727
 EVSE Stock: 5,009

Source: International Energy Agency (2013)

Actualité



Source: Montreal Gazette (2016)



“Game Changer”?

VÉ & Autopartage

Source: Rees, S. (2013)



Yélobobile
Agglomération de La Rochelle



Car2Go
Austin, Vancouver, Berlin, Portland



Autolib', Paris

Juin 2013, Montréal

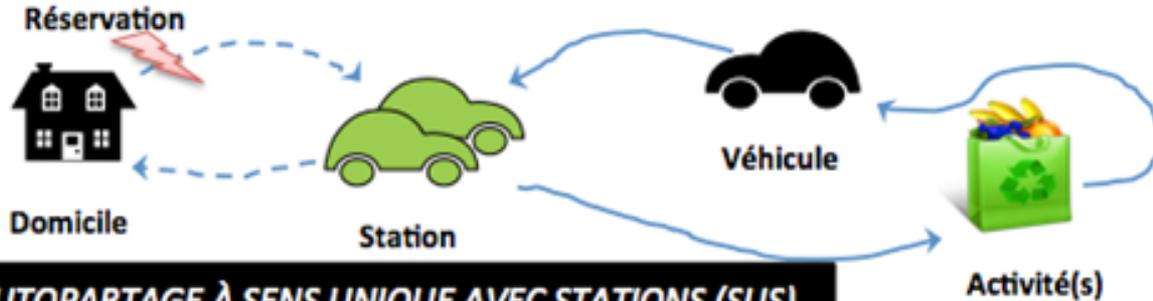
**Auto
mobile**
LIBRE-SERVICE SANS RÉSERVATION



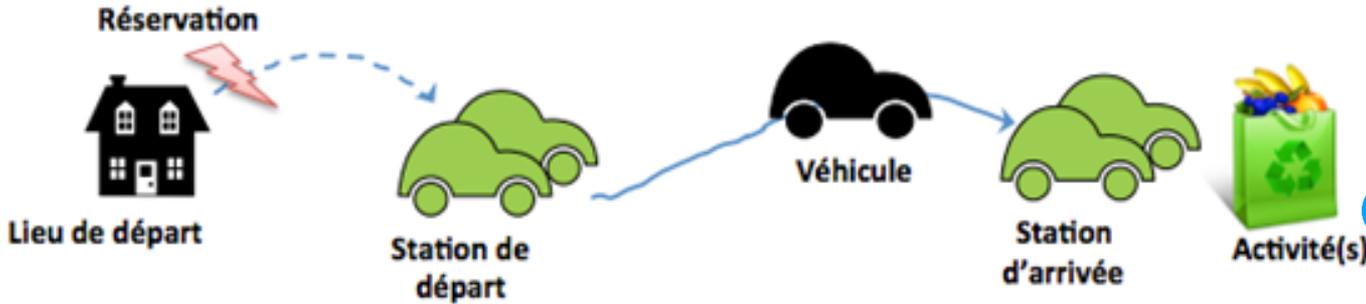
**24 véhicules 100%
électriques**

L'autopartage et ses dérivés

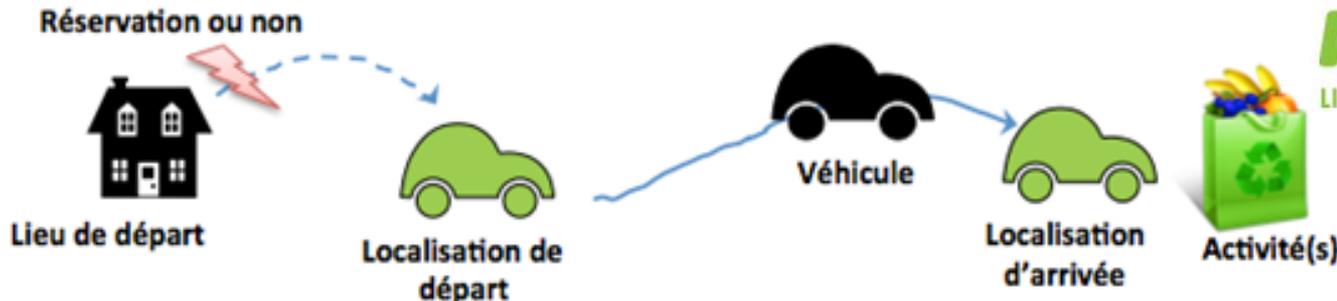
AUTOPARTAGE TRADITIONNEL AVEC STATIONS (TRAD)



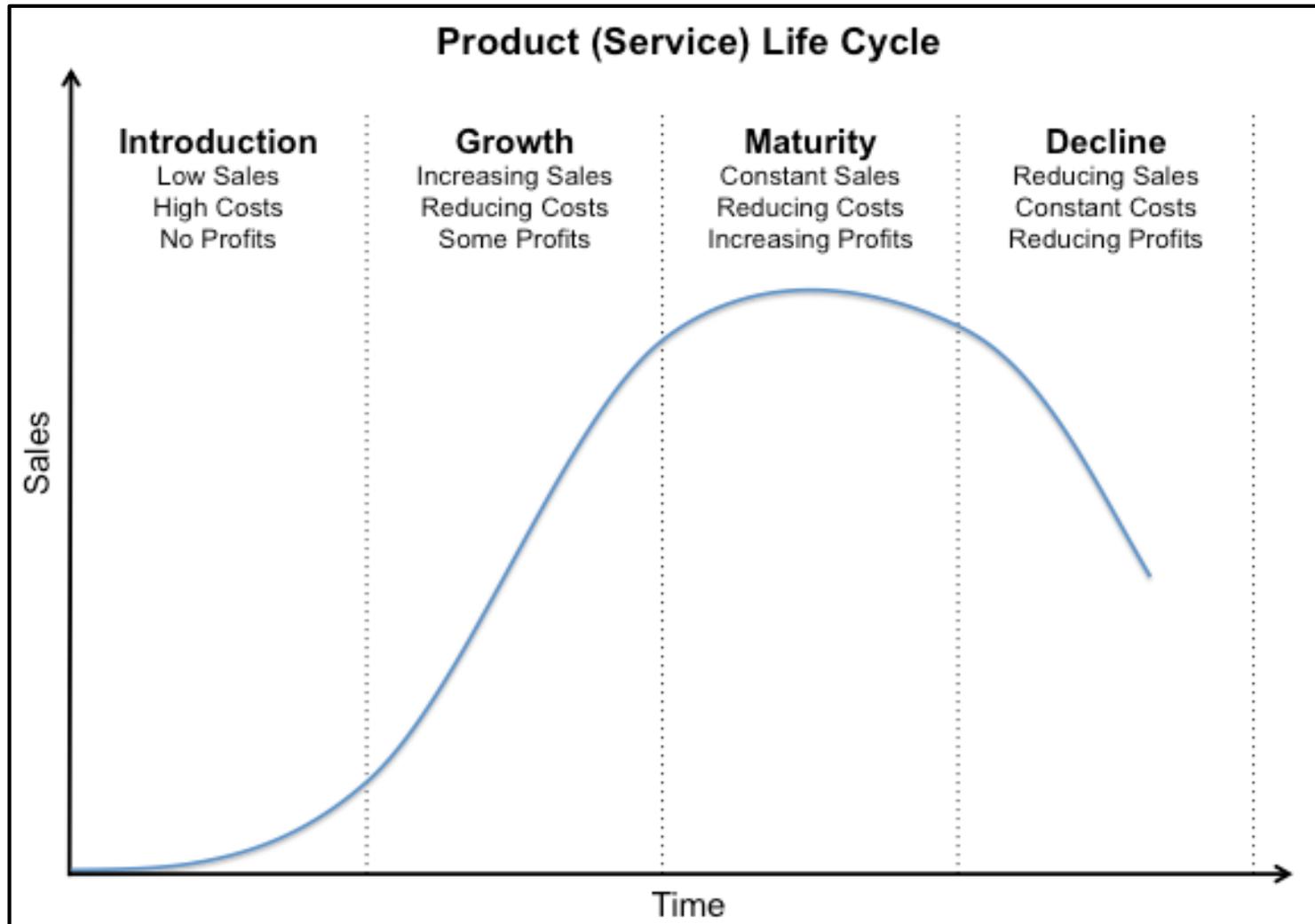
AUTOPARTAGE À SENS UNIQUE AVEC STATIONS (SUS)



AUTOPARTAGE EN LIBRE-SERVICE INTÉGRAL (LSI)



Quant à l'autopartage?



Source: BusinessSetFree.com

Quant à l'autopartage?

CARSHARING MARKET TRENDS IN THE AMERICAS

Member Growth in the Americas*



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
■ Brazil (n=1)							98	347	910	2,884	2,857
■ Mexico (n=1)									750	2,654	6,174
■ Canada (n=20)	10,001	11,932	15,663	26,878	39,664	53,916	67,526	78,856	101,502	147,794	281,675
■ United States (n=23)	52,347	61,658	102,993	184,292	279,234	323,681	448,574	560,572	806,332	995,926	1,337,803
■ The Americas (n=45)	62,348	73,590	118,656	211,170	318,898	377,597	516,198	639,775	909,494	1,149,258	1,628,509

Source: Shaheen, S., Cohen, A., (2015)

Agenda

Introduction

- Les voitures électriques et le transport en commun
- Situation de l'autopartage

Cas à l'étude

- Communauto
- Méthodologie
 - Sources et traitements des données

Résultats

- Analyse descriptive du service
- Relation avec la distance
- Relation avec le lieu d'activité
- Relation avec la consommation d'énergie
- Modèle sur le choix du type de véhicule

Impacts pour l'opérateur

Cas étude

Auto mobile

- Libre-service intégral introduit en juin 2013
 - Aucune station → Zone de desserte (ZD)
- Plusieurs expansions de la ZD (8 km² → 76 km²)
 - Juillet 2015, expansion du service à la ville de Québec
- Plus de 300 voitures (30 à Qc)
- Septembre 2015 → 49 véhicules électriques



Application mobile et en ligne disponible pour repérer les véhicules



Accès spontané aux véhicules et possibilité de les bloquer le temps de s'y rendre



Parc composé de véhicules électriques et hybrides



Privilèges de stationnement accordés dans certains arrondissements



Facturation à la minute

Auto-mobile ILLIMITÉ



Source: Communauto (2015)

- **Septembre 2015, Communauto lance son service ILLIMITÉ (premières 30 minutes comprises pour chaque déplacement)**

+ service régulier en parallèle

Zone de desserte

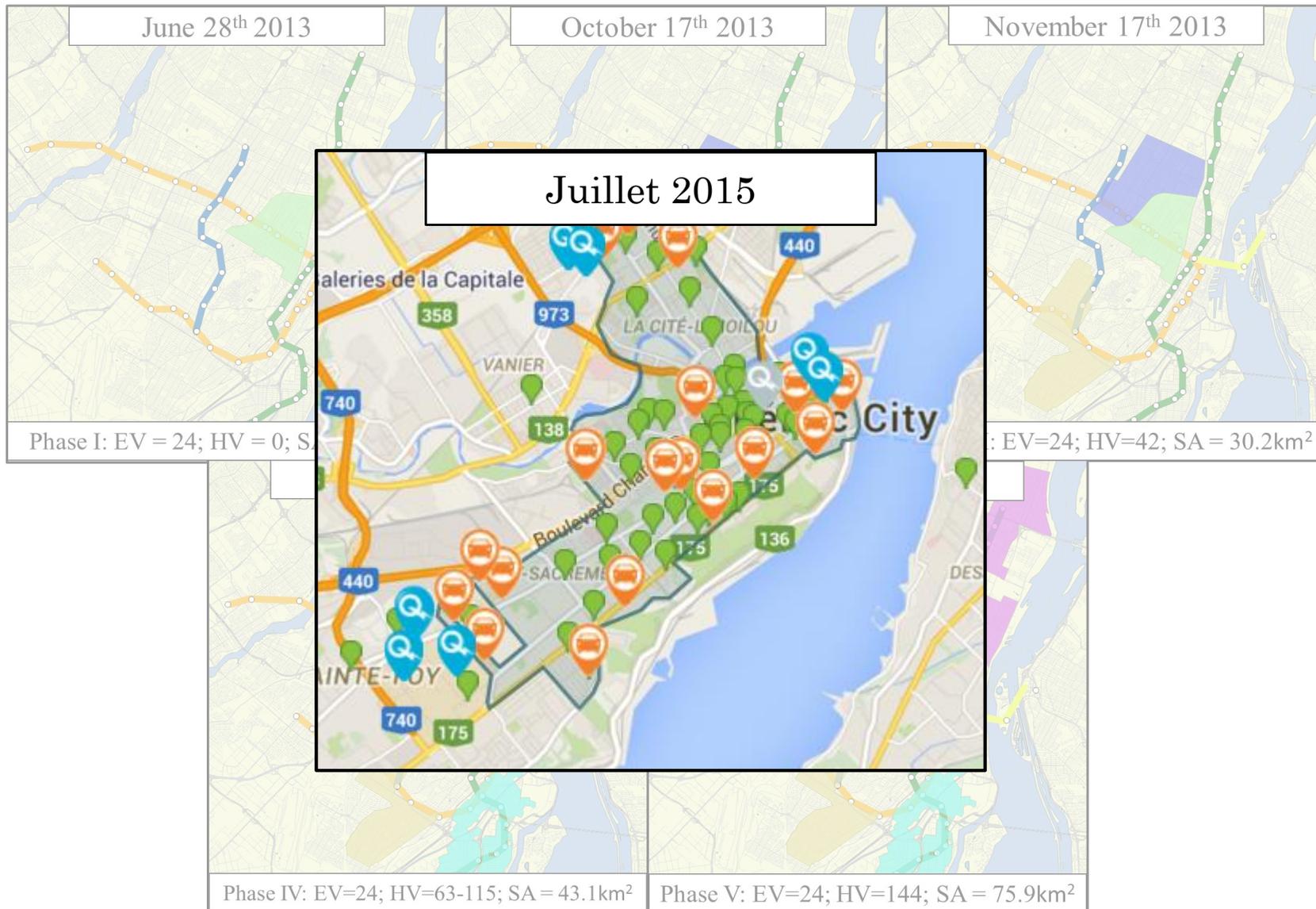


Fig1: Progression de la zone de desserte d'Auto-mobilité de juin 2013 à avril 2015; Source: Wielinski et al. (2016)

Méthodologie

Log Réservations

- Début/Fin réservation
- Distance parcourue
- juin 2013 à avril 2015
- + 100 000 réservations

Position des véhicules

- Détail GPS 15-20 secondes
- juin 2013 à février 2014
- ~2 000 000 coordonnées GPS

Infos membres

- Âge, genre, mois d'abonnement
- + 10 000 usages Auto-mobile

Infos voitures

- Type de voiture
- 25 VÉ (+ 24 VÉ 2015) ; 141 VH (+ 80 VH 2015)

Taux de charge des véhicules

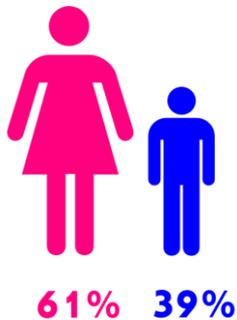
- Tx charge avant/après la transaction
- juillet 2015 à février 2016

Autres

- Service régulier
- Conditions climatiques

Résultats

Analyse descriptive



35 Âge médian

37 Âge moyen

70%

Utilisent les 2 services
de Communauto

85%

Résident à l'intérieur de la ZD

Longeurs des réservations

50% sous 6.0 km et 90% sous 25.0 km

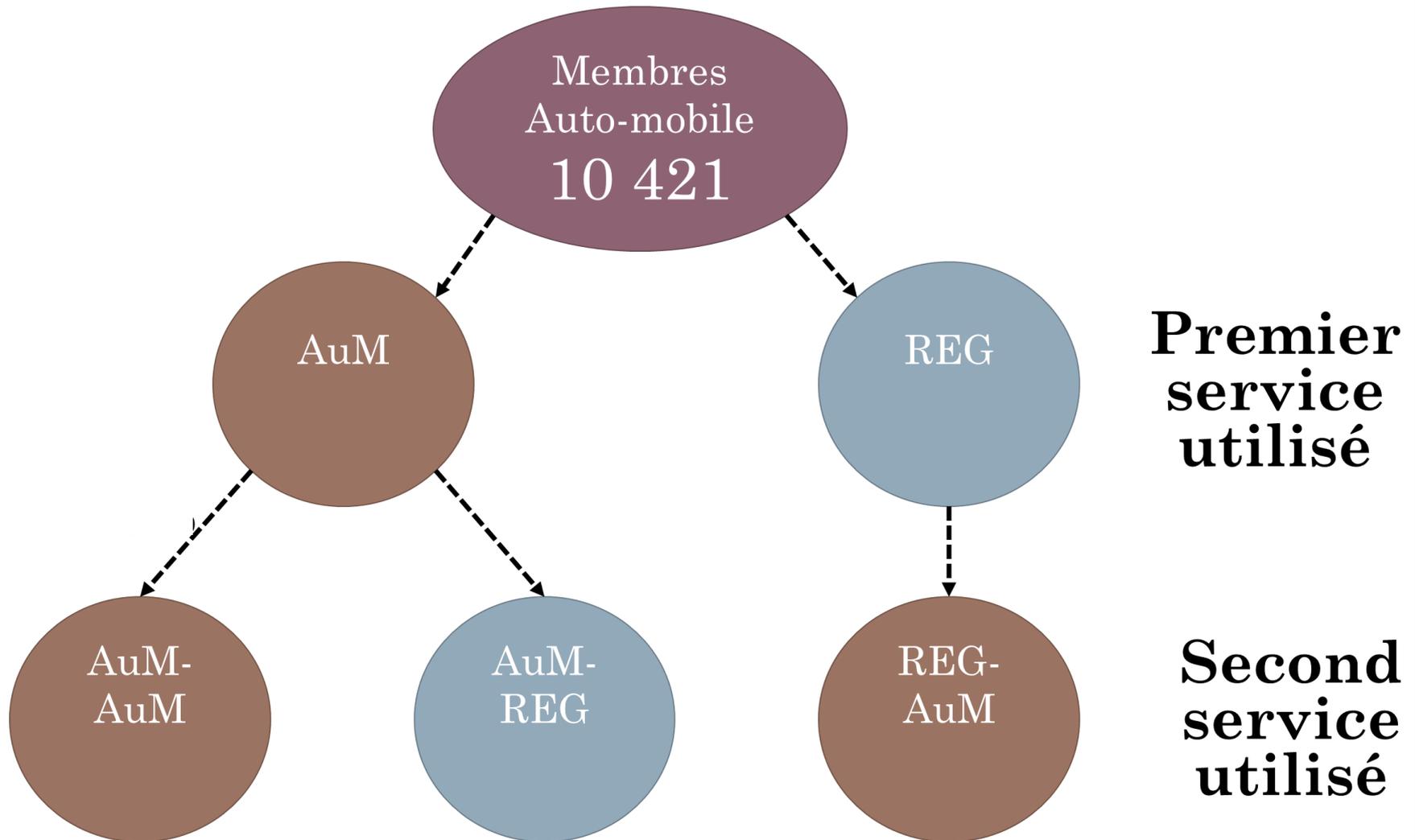
Usagers qui utilisent seulement Auto-mobile

11.4±16.5 km vs. 9.5±12.7 km

Membres réguliers vs occasionnels

9.1±12.1 km vs. 14.3±18.6 km

Répartition des membres



Préférences quant à la distance

Comment le type de véhicule influence sa désirabilité en fonction de la distance?

Préférence claire pour les véhicules conventionnels pour de longues distances

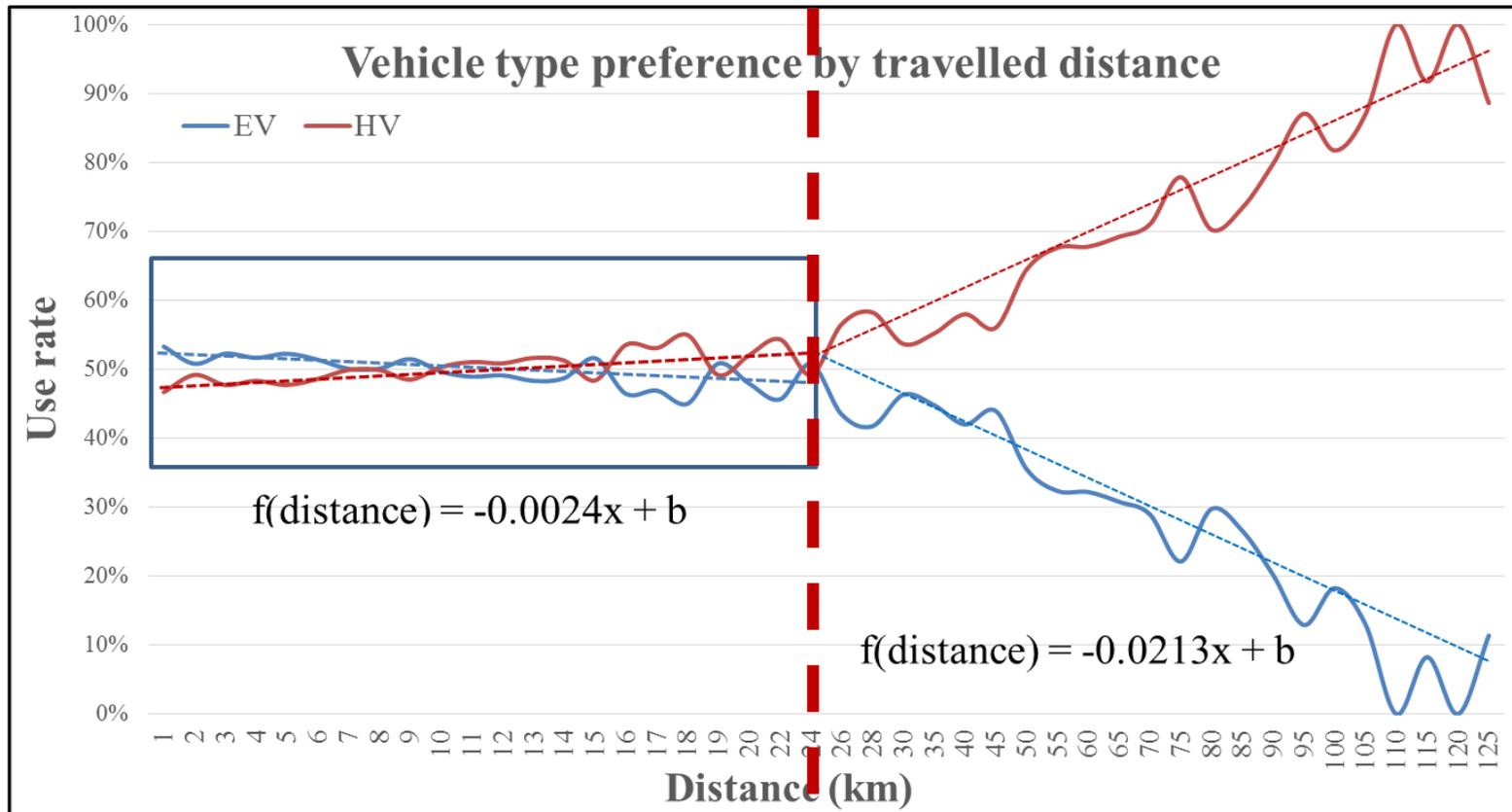
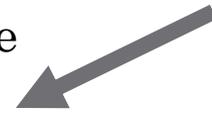


Fig2: Part modale du type de véhicule selon la distance; Source: Wielinski et al. (2016)

Analyse de la dispersion spatiale

Représentation des activités des membres selon les deux types de véhicules

Les données disponibles vont de novembre 2013 à février 2014, avec **6,236 activités** pour les VH et **5,287 activités** pour les VÉ.

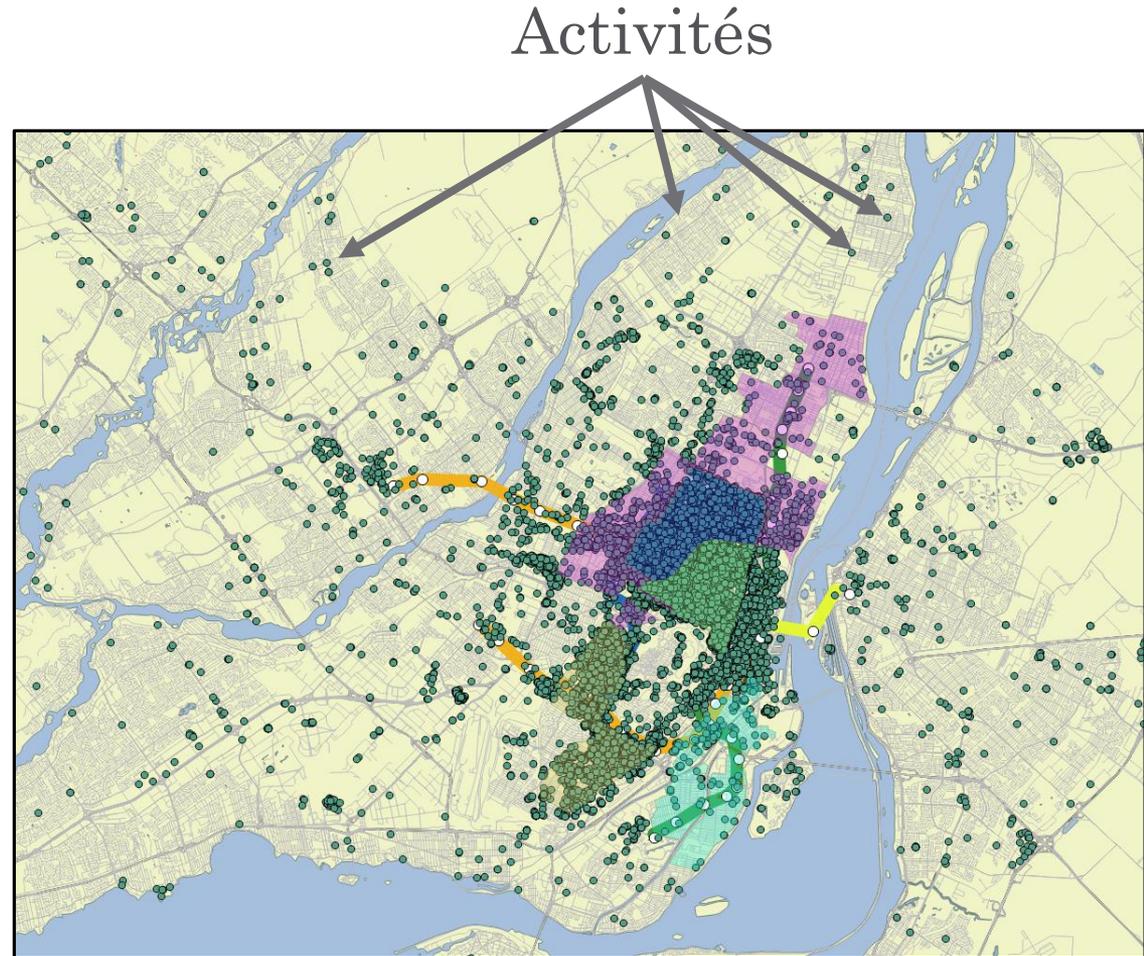
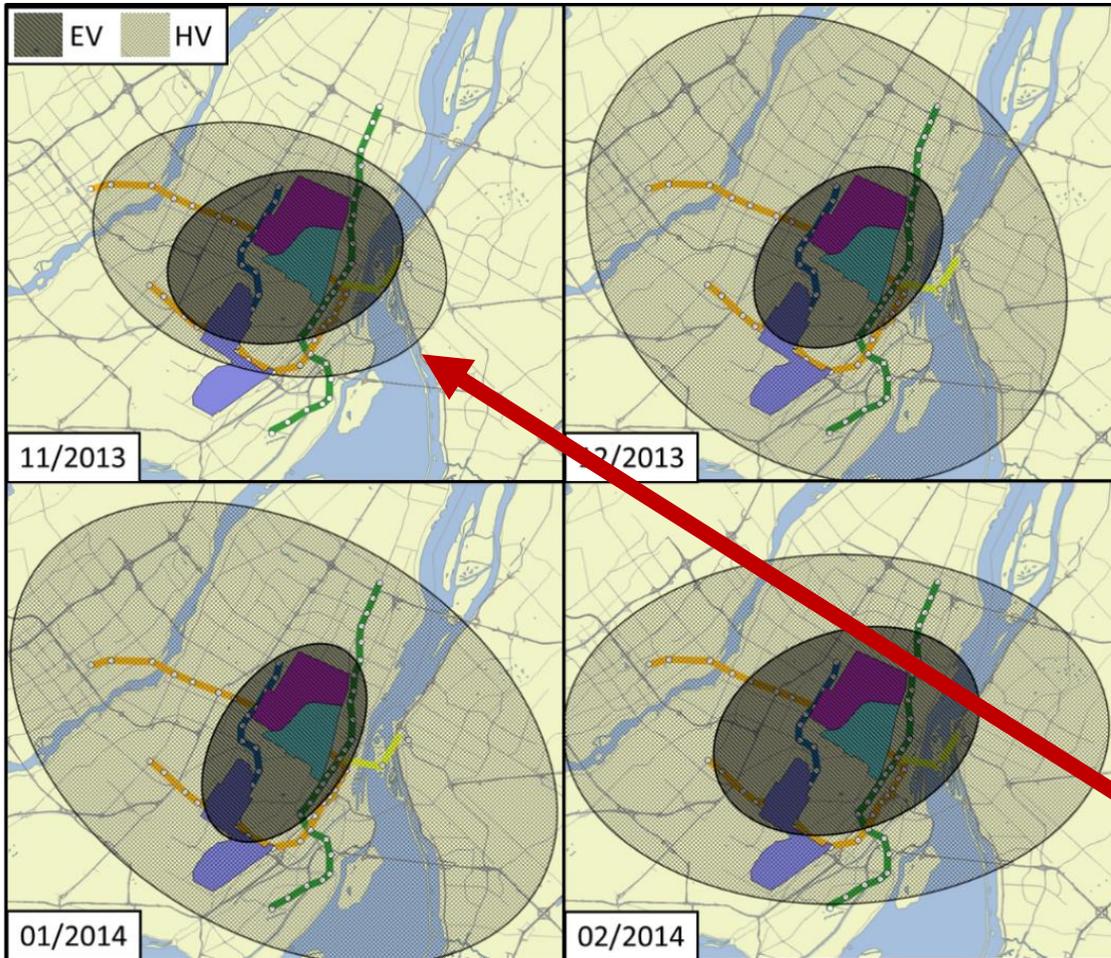


Fig3: Activités effectuées par les membres dans la région métropolitaine de Montréal; Source: Wielinski et al. (2016)

Analyse de la dispersion spatiale

Est-ce que les usagers en VÉ sont moins enclins à sortir de la ZD?



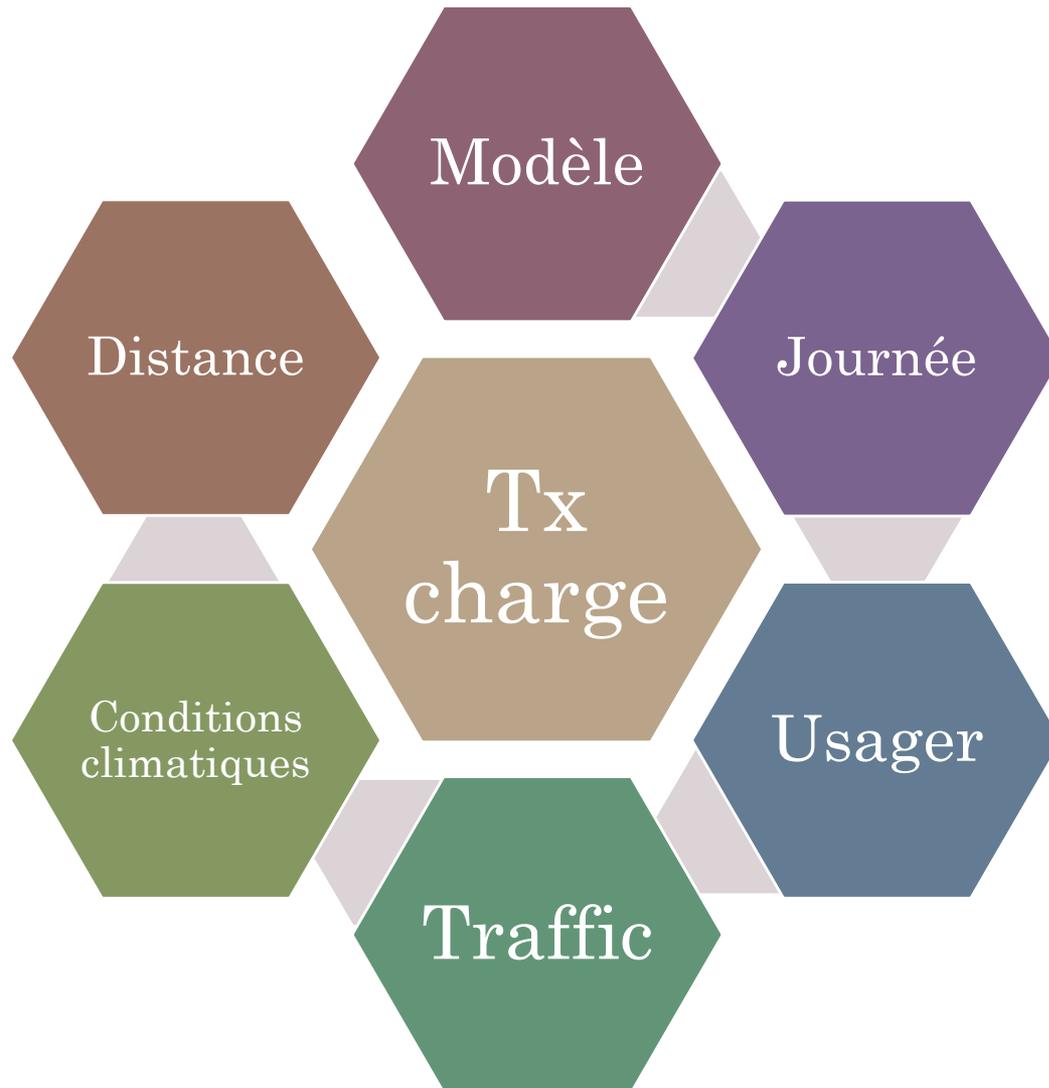
46,5% des activités VÉ sont faits à l'extérieur de la ZD.

53,9% des activités VH sont faits à l'extérieur de la ZD.

Différence moins marquée →
Introduction des VH

Fig4: Ellipses d'écart-type selon le type de véhicule; Source: Wielinski et al. (2016)

Qu'est-ce qui fait varier la consommation d'un VÉ?



Le modèle de VÉ

2012 vs 2015

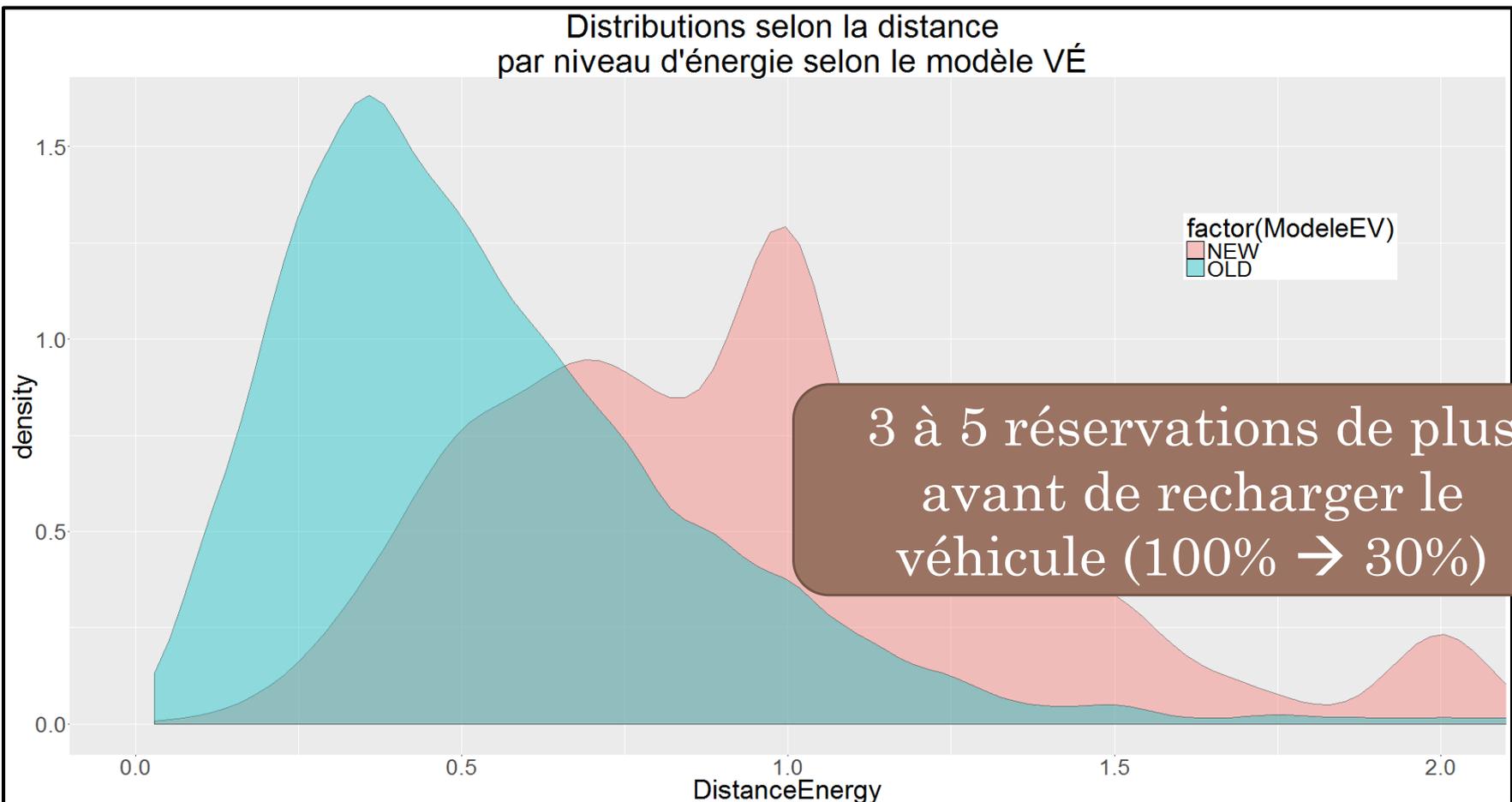


Fig6: Distributions selon la distance par niveau d'énergie selon le modèle du véhicule électrique. Source: Wielinski et al. (2016)

La température

Point de congélation

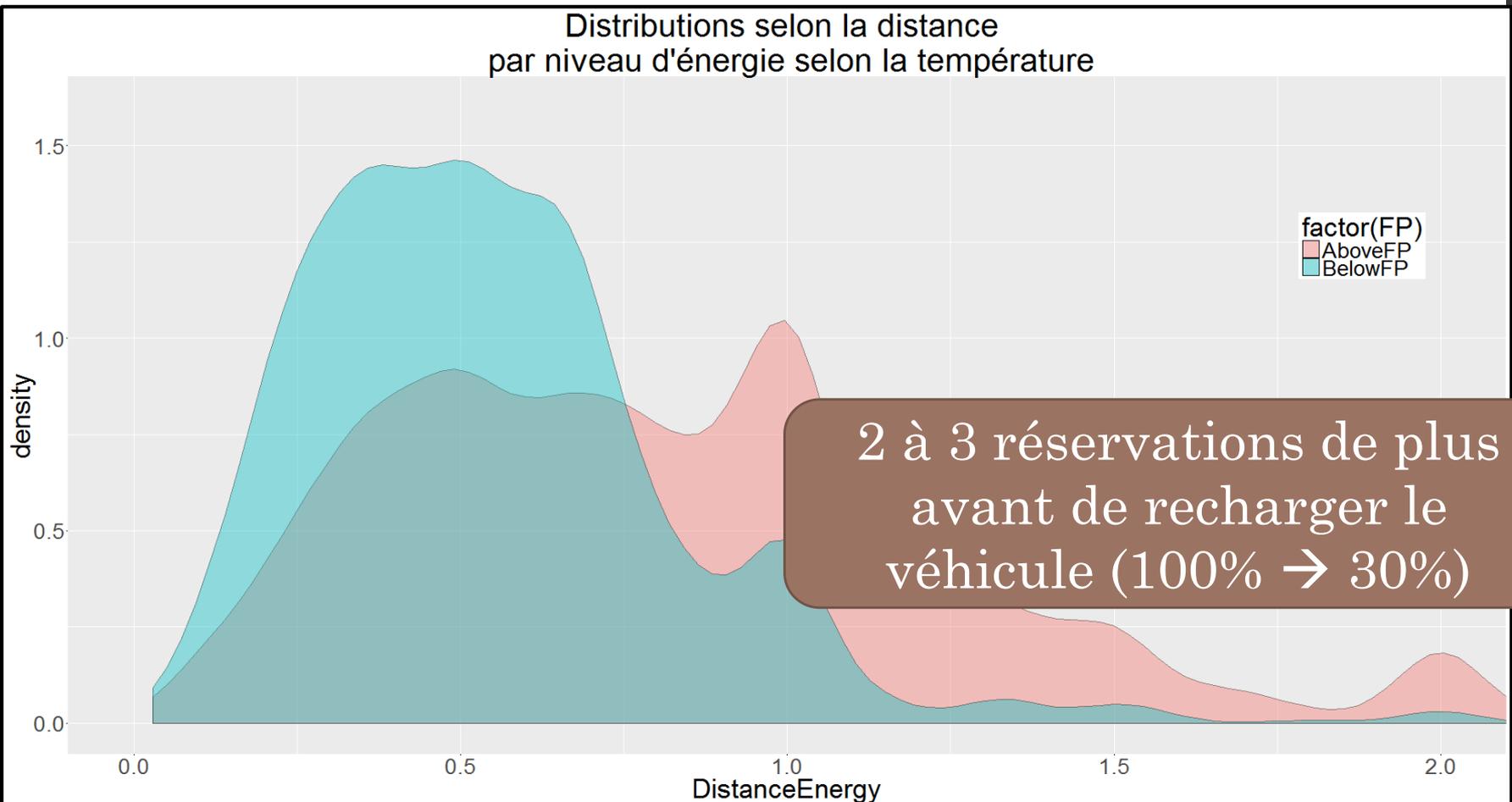


Fig7: Distributions selon la distance par niveau d'énergie selon la température. Source: Wielinski et al. (2016)

Modèle de choix de véhicule

On a voulu développer un modèle qui tente de prédire quel **type de véhicule** un usager va emprunter selon ses caractéristiques **usager**, son **environnement**, la **longueur** de son trajet et le niveau **d'énergie** du véhicule.

Seulement les occasions où les deux types de véhicules sont à moins de **100m** sont utilisées. **N = 1059 observations**

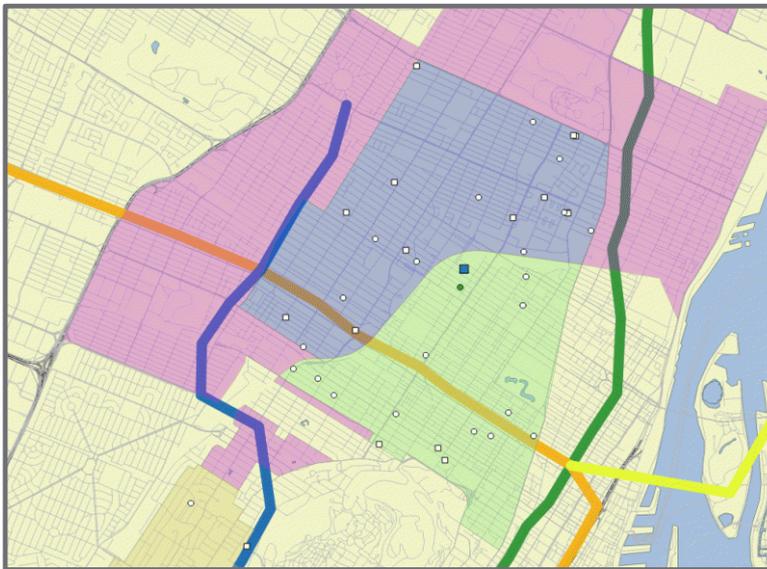
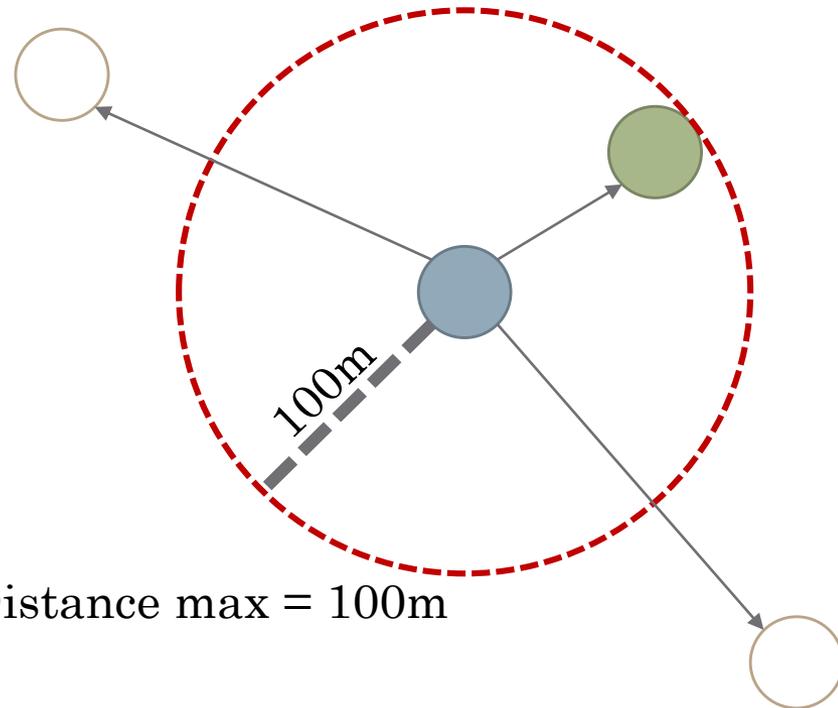


Fig8: Emplacement des véhicules à chaque accès au système. Source: Wielinski et al. (2016)



Distance max = 100m

Variables

Tableau 1: Définition des variables; Source: Wielinski et al. (2016)

	Id	Variable	Type de variable	Définition
Usager Environnement Tx Charge	1	CarType	Binaire	Le type du véhicule (0 → VH, 1 → VÉ)
	2	Distance	Continue	Distance en km
	3	Gender	Binaire	Genre de l'usager
	4	Age	Continue	Âge de l'usager
	5	Age_Cat	Ordinale	Âge (1 = 18–24, 2 = 25–39, 3 = 40–64, 4 = 65+)
	6	Service Sub.	Continue	Mois d'abonnement à Communauto
	7	CurrentType	Nominale	Type usager (1 AuM–AuM; 2 AuM–REG; 3 REG–AuM)
	8	TypeA	Binaire	Type A (1=AuM; 2=REG)
	9	TimeOfWeek	Binaire	1 = Semaine; 2 = Fin de semaine
	11	Snow (cm)	Continue	Qté de neige au sol (cm)
	12	SnowOnGround	Binaire	Présence ou non de neige au sol
	13	Mean Temp	Continue	Température moyenne de la journée (°C)
	14	Freezing Point	Binaire	Sous le point de congélation ou non
	17	EV_Prop	Continue	Proportion de VÉ dans la flotte
	18	Dist_Threshold	Binaire	Si la distance est sous 24 km
	19	EnergyLevelEV	Continue	Tx énergie du VÉ
	20	EnergyLevelEVx	Binaire	Si le tx d'énergie du VÉ est supérieur au taux X
	21	DiffEnergyLevel	Continue	Différence de tx d'énergie entre les deux types d'auto
	22	Coldx	Binaire	Si la température est sous x, où $x = \{-15, -10, -5\}$
	23	Hotx	Binaire	Si la température dépasse x, où $x = \{20, 25, 30\}$

Variables

Tableau 1: Définition des variables; Source: Wielinski et al. (2016)

	Id	Variable	Type de variable	Définition
Usager	1	CarType	Binaire	Le type du véhicule (0 → VH, 1 → VÉ)
	2	Distance	Continue	Distance en km
	3	Gender	Binaire	Genre de l'usager
	4	Age	Continue	Âge de l'usager
	5	Age_Cat	Ordinale	Âge (1 = 18–24, 2 = 25–39, 3 = 40–64, 4 = 65+)
	6	Service Sub.	Continue	Mois d'abonnement à Communauto
	7	CurrentType	Nominale	Type usager (1 AuM–AuM; 2 AuM–REG; 3 REG–AuM)
	8	TypeA	Binaire	Type A (1=AuM; 2=REG)
	9	TimeOfWeek	Binaire	1 = Semaine; 2 = Fin de semaine
Environnement	11	Snow (cm)	Continue	Qté de neige au sol (cm)
	12	SnowOnGround	Binaire	Présence ou non de neige au sol
	13	Mean Temp	Continue	Température moyenne de la journée (°C)
	14	Freezing Point	Binaire	Sous le point de congélation ou non
	17	EV_Prop	Continue	Proportion de VÉ dans la flotte
	18	Dist_Threshold	Binaire	Si la distance est sous 24 km
	19	EnergyLevelEV	Continue	Tx énergie du VÉ
	20	EnergyLevelEVx	Binaire	Si le tx d'énergie du VÉ est supérieur au taux X
	21	DiffEnergyLevel	Continue	Différence de tx d'énergie entre les deux types d'auto
	Tx Charge	22	Coldx	Binaire
23		Hotx	Binaire	Si la température dépasse x, où $x = \{20, 25, 30\}$

Variables

Tableau 1: Définition des variables; Source: Wielinski et al. (2016)

	Id	Variable	Type de variable	Définition
Usager	1	CarType	Binaire	Le type du véhicule (0 → VH, 1 → VÉ)
	2	Distance	Continue	Distance en km
	3	Gender	Binaire	Genre de l'utilisateur
	4	Age	Continue	Âge de l'utilisateur
	5	Age_Cat	Ordinale	Âge (1 = 18–24, 2 = 25–39, 3 = 40–64, 4 = 65+)
	6	Service Sub.	Continue	Mois d'abonnement à Communauto
	7	CurrentType	Nominale	Type usager (1 AuM–AuM; 2 AuM–REG; 3 REG–AuM)
	8	TypeA	Binaire	Type A (1=AuM; 2=REG)
	9	TimeOfWeek	Binaire	1 = Semaine; 2 = Fin de semaine
Environnement	11	Snow (cm)	Continue	Qté de neige au sol (cm)
	12	SnowOnGround	Binaire	Présence ou non de neige au sol
	13	Mean Temp	Continue	Température moyenne de la journée (°C)
	14	Freezing Point	Binaire	Sous le point de congélation ou non
	17	EV_Prop	Continue	Proportion de VÉ dans la flotte
	18	Dist_Threshold	Binaire	Si la distance est sous 24 km
	19	EnergyLevelEV	Continue	Tx énergie du VÉ
	20	EnergyLevelEVx	Binaire	Si le tx d'énergie du VÉ est supérieur au taux X
	21	DiffEnergyLevel	Continue	Différence de tx d'énergie entre les deux types d'auto
Tx Charge	22	Coldx	Binaire	Si la température est sous x, où $x = \{-15, -10, -5\}$
	23	Hotx	Binaire	Si la température dépasse x, où $x = \{20, 25, 30\}$

Résultats

Tableau 2: Sans selection a priori (1059 observations); Source: Wielinski et al. (2016)

Coefficient	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Sig	Transf. co
(Intercept)	-0.39028	0.53705	-0.72671	0.46740		0.67687
Energy_Level_EV_50	1.11336	0.17628	6.31600	0.00000	***	3.04458
distanceKm	-0.03887	0.00842	-4.61844	0.00000	***	0.96187
GenderH	-0.76092	0.14166	-5.37158	0.00000	***	0.46723
Age_Cat 25-39	-0.53474	0.32641	-1.63822	0.10138		0.58582
Age_Cat40-64	-0.33642	0.34078	-0.98720	0.32355		0.71433
Age_Cat65+	-2.06768	0.71853	-2.87765	0.00401	**	0.12648
subTime	-0.00368	0.02696	-0.13639	0.89152		0.99633
TypeAAuM	0.30438	0.16120	1.88822	0.05900	.	1.35579
TimeOfWeekWeekEnd	0.05113	0.17170	0.29779	0.76586		1.05246
SnowOnGround	0.09342	0.15534	0.60138	0.54759		1.09792
Cold10	-1.25878	0.42658	-2.95083	0.00317	**	0.28400
PropEV	0.65732	2.18963	0.30020	0.76403		1.92962

Tableau 3: Avec selection a priori (1059 observations); Source: Wielinski et al. (2016)

Coefficient	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Sig	Transf. co
(Intercept)	-0.49250	0.20709	-2.37822	0.01739	*	0.61109
distanceKm	-0.03710	0.00958	-3.87048	0.00010	***	0.96358
Gender : Male	-0.73215	0.16729	-4.37631	1.21E-05	***	0.48087
EnergyLevelEV50	0.93323	0.20605	4.52897	5.93E-06	***	2.54272
Cold10	-1.06991	0.48026	-2.22776	0.02589	*	0.34304

Impacts sur l'opérateur?

Économique

- Trajets longues distances → VH + rentables
- Temps de charge vs faire le plein à la pompe
- Coût initial d'un VÉ + élevé

Gestion

- Augmentation de la complexité (charge + relocalisation)
- Gestion/Implantation des bornes électriques

Environnementale

- Réduction des GES
- Service durable
- Position comme opérateur d'autopartage



Remerciements

Cette étude a pu être réalisée avec la collaboration et l'apport financier de Communauto et du Conseil de Recherche en Sciences Natuelles et en Génie du Canada.

