POLYPUBLIE

Analyse de la relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge publiques et les perceptions et l'adoption des véhicules électriques : le cas de Montréal

Pénélope Renaud-Blondeau

Document en libre accès dans PolyPublie
Open Access document in PolyPublie

Date	2021
Type	Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis Mémoire de maîtrise/Master's thesis
URL de PolyPublie **PolyPublie URL**	https://publications.polymtl.ca/6321/
Conditions d'utilisation **Terms of use**	© Tous droits réservés / All rights reserved
Référence **Citation**	Renaud-Blondeau, P. (2021). Analyse de la relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge publiques et les perceptions et l'adoption des véhicules électriques : le cas de Montréal [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie. https://publications.polymtl.ca/6321/

Détails de la thèse
Thesis details

Directeurs de recherche **Advisors**	Geneviève Boisjoly, & Hanane Dagdougui
Programme **Program**	Génie civil

Ce fichier a été téléchargé à partir de PolyPublie, le dépôt institutionnel de Polytechnique Montréal
This file has been downloaded from PolyPublie, the institutional repository of Polytechnique Montréal
https://publications.polymtl.ca

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Analyse de la relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge publiques et les perceptions et l'adoption des véhicules électriques : le cas de Montréal

PÉNÉLOPE RENAUD-BLONDEAU

Département des génies civil, géologique et des mines

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

Génie civil

Mai 2021

© Pénélope Renaud-Blondeau, 2021.

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Ce mémoire intitulé :

Analyse de la relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge publiques et les perceptions et l'adoption des véhicules électriques : le cas de Montréal

Présenté par

Pénélope RENAUD-BLONDEAU

en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

Martin TRÉPANIER, président
Geneviève BOISJOLY, membre et directrice de recherche
Hanane DAGDOUGUI, membre et codirectrice de recherche
Jean-Luc DUPRÉ, membre externe

DÉDICACE

« *You may say that I'm a dreamer*
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will live as one »

- John Lennon

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mes deux directrices de recherche, Geneviève et Hanane, pour le temps et le soutien qu'elles m'ont accordé. Ce sont deux femmes attachantes, inspirantes et déterminées que je garderai comme exemples tout au long de ma carrière. Il a été un plaisir de travailler parmi cette équipe féminine, dans laquelle je me suis tout de suite sentie à l'aise. Je remercie également Martin Trépanier pour ses conseils et ses commentaires pertinents lors des réunions de suivi.

Merci à mes parents qui ont su m'encourager pendant mon parcours non sans embûches. Leur écoute et leurs conseils réfléchis m'ont permis de me diriger vers une branche qui me passionne.

Je tiens également à remercier Hydro-Québec et le Circuit électrique pour avoir fourni des données sur le réseau de recharge public de Montréal et ainsi, avoir rendu possible cette recherche. Merci à Mitacs, à Jalon Montréal et à l'Association des ingénieurs municipaux du Québec d'avoir contribué au financement de mes travaux de recherche.

Merci à Ismaïl Zejli pour les données qu'il m'a fournies et simplement, pour sa bonne humeur habituelle. Merci à l'équipe de techniciens en informatique de Polytechnique, particulièrement Jean-Sébastien Sirois et Sarah Lavoie-Richard, pour leur implication dans la diffusion du sondage à travers Poly-Opinion.

Merci à mes souliers de course qui m'ont permis de décrocher, de me changer les idées et de me redonner l'énergie nécessaire pour rédiger ce mémoire.

Enfin, merci à tous ceux qui ont répondu à mon sondage ou qui l'ont partagé. Ça fait une bonne centaine de personnes ça!

RÉSUMÉ

Le 12 décembre 2015, l'Accord de Paris a été adopté dans le but de limiter les quantités de gaz à effet de serre (GES) émises dans l'atmosphère par les activités humaines. Comme la plupart des autorités publiques à travers le monde, le Québec s'est engagé dans cette lutte contre les changements climatiques. Le gouvernement québécois s'attaque particulièrement au secteur des transports, qui est responsable de 43 % des émissions de GES de la province en raison de sa forte consommation de carburants fossiles. Les véhicules électriques (VÉ), qui incluent les véhicules entièrement électriques (VEÉ) et les véhicules hybrides rechargeables (VHR), figurent parmi les solutions proposées pour décarboniser ce secteur. Ces voitures, alimentées à l'électricité, ne rejettent aucune émission de GES lorsqu'elles roulent au Québec, où 99,7 % de l'électricité est produite à partir d'énergies renouvelables.

Malgré les efforts du gouvernement québécois pour promouvoir les VÉ, tel que l'implantation du programme Roulez vert et de la loi véhicules zéro émission, ces derniers représentaient seulement 6,2 % des ventes de véhicules neufs au Québec en 2020. Cette faible proportion témoigne de la présence de certaines barrières qui conduisent les consommateurs à se tourner vers des achats plus conventionnels.

Ce mémoire se concentre sur les VÉ à Montréal et plus particulièrement à la relation entre leur adoption, l'accessibilité aux bornes de recharge publiques et les perceptions des citoyens. À cet effet, bien que l'influence de plusieurs facteurs socioéconomiques, attitudinaux et contextuels soit étudiée dans la littérature, peu de recherches se sont concentrées sur l'accessibilité aux bornes de recharge publiques en milieu urbain.

Les données d'une enquête (n = 642) effectuée auprès des résidents de l'île de Montréal permet d'étudier l'influence de trois mesures d'accessibilité aux bornes de recharge publiques : 1) objective (nombre de bornes de recharge publiques près de la maison), 2) perçue (perceptions sur le nombre actuel de bornes de recharge publiques près de la maison) et 3) prospective (attentes par rapport à l'état du réseau de recharge public dans 5 ans).

Sur la base de ces données empiriques et des différentes mesures d'accessibilité, deux modèles de régression logistique sont générés afin d'étudier les facteurs déterminant la possession et l'adoption des VÉ à Montréal. La modélisation dévoile premièrement l'influence négligeable de l'accessibilité objective et perçue sur l'intention d'adoption des VÉ, contrairement à l'accès à un

stationnement privé. Ces résultats poussent à conclure que l'état actuel du réseau de recharge public représente un frein à l'adoption des VÉ par les Montréalais, qui le considèrent comme trop peu développé pour subvenir aux besoins de recharge d'un tel véhicule. À l'opposé, l'achat d'un VÉ est plus probable pour ceux qui ont la possibilité d'installer une borne à leur domicile. Les résultats démontrent ensuite que l'infrastructure de recharge publique n'est pas un facteur déterminant la possession de VÉ. Néanmoins, l'influence positive de l'accessibilité prospective sur l'intention d'adoption témoigne d'un certain intérêt envers la conduite électrique et laisse croire que les bornes publiques pourraient devenir indispensables pour les futurs acheteurs. Enfin, une comparaison des mesures objectives et subjectives d'accessibilité démontre que les non-propriétaires de VÉ sous-estiment leur accessibilité aux bornes de recharge publiques autour de leur domicile.

Les réponses au sondage en ligne permettent ensuite d'identifier une certaine insatisfaction des Montréalais quant à l'aspect visuel et technique des bornes de recharge publiques, leur nombre et leur emplacement. Selon eux, ces bornes ne sont pas assez nombreuses, ne s'intègrent pas toujours bien au paysage urbain, sont implantées sans coordination avec les horaires de stationnement de la ville et ne protègent pas les utilisateurs en cas d'intempéries. L'absence de services à proximité des bornes publiques et le nombre insuffisant de bornes rapides sont également évoqués.

Enfin, des données clients du Circuit électrique, le plus vaste réseau de recharge public au Québec, sont utilisées pour analyser l'utilisation des bornes de recharge publiques par les Montréalais. On dénote que seulement 14% des propriétaires de VÉ actuels utilisent les bornes de recharge du Circuit électrique plus de deux fois par mois. Si le taux d'utilisation n'est pas corrélé à l'accessibilité aux bornes, il est plus élevé chez les citoyens des quartiers centraux de l'île.

En améliorant la compréhension du rôle des perceptions et de l'accessibilité à l'infrastructure de recharge publique dans l'adoption des VÉ, ce mémoire soutient le développement de la recherche à cet effet et les régions urbaines souhaitant faire la transition vers la conduite électrique. Il s'inscrit ainsi dans les efforts visant à décarboniser le transport routier afin d'atteindre les cibles fixées par l'Accord de Paris.

ABSTRACT

On December 12, 2015, the Paris Climate Agreement was adopted with the aim of limiting the emissions of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere resulting from human activities. Like most public authorities around the world, Quebec has committed to fight climate change. The Quebec government is particularly tackling the transportation sector, which is responsible for 43% of the province's GHG emissions due to its high consumption of fossil fuels. Electric vehicles (EVs), which include battery electric vehicles (BEVs) and plug-in hybrid vehicles (PHEVs), are among the many solutions offered to decarbonize this sector. In Quebec, where 99.7% of electricity is produced from renewable energies, the use of these vehicles is emission free.

Despite the efforts of the Quebec government to promote EVs, such as the implementation of the "Roulez Vert" program and the Zero-emission vehicle standard, the market share of EVs in new vehicle sales was only 6.2% in 2020. This low proportion reveals that there are still some barriers that lead consumers to more conventional vehicles.

This thesis focuses on EVs in Montreal and more specifically on the relationship between their adoption, accessibility to public charging stations and citizens' perceptions. Indeed, although the influence of several socioeconomic, attitudinal, and contextual factors is assessed in literature, few of these studies has focused on the accessibility of public charging stations in urban areas.

Using data from a survey (n = 642) carried out among residents of the Island of Montreal, three measures of accessibility to public charging stations are analysed: 1) objective (number of public charging stations near home), 2) perceived (perceptions of the current number of public charging stations near home) and 3) prospective (expectations on the public charging network in 5 years).

From the empirical data and the accessibility measures, two logistic regression models are generated to assess the determinants of EV ownership and adoption in Montreal. The findings demonstrate the negligible influence of objective and perceived accessibility on EV adoption intention, in contrast to the access to private parking. These results demonstrate that the current public charging network acts as a barrier to the adoption of EVs by the inhabitants of Montreal, who do not consider it extensive enough to meet the charging needs of an EV. In contrast, people for whom residential charging is possible are more likely to buy an EV. The results also show that public charging infrastructure is not a key determinant among current EV owners. Nonetheless, the positive influence of prospective accessibility on EV adoption intention reveals interest and

expectations in EVs and suggests that public charging stations may become crucial for future buyers. A comparison of objective and subjective accessibility measures shows that non-EV owners underestimate their accessibility to public chargers around their residence.

The answers to the survey questions then allowed us to identify dissatisfaction among Montreal's residents with public charging stations' visual and technical characteristics, number, and location. According to them, the chargers are not sufficient in number, do not always blend into the urban landscape, are installed without coordination with the city's parking schedules and do not protect users from bad weather. The lack of services near charging stations and the insufficient number of fast chargers are also mentioned.

Finally, customer data from the Electric Circuit, the most important public charging network in Quebec, is used to analyze the use of public charging stations by Montreal's residents. Only 14% of current EV owners use Electric Circuit charging stations more than twice a month. While the rate of use is not correlated with accessibility to charging stations, it is higher among citizens of central areas of the island.

By improving the understanding of the role of perceptions and accessibility to public charging infrastructure in EV adoption, this thesis supports researchers in this area as well as urban zones wishing to electrify their car fleet. It thus contributes to the efforts in decarbonizing road transportation and achieving Paris Climate Agreement goals.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE III

REMERCIEMENTS IV

RÉSUMÉ V

ABSTRACT VII

TABLE DES MATIÈRES IX

LISTE DES TABLEAUX XIII

LISTE DES FIGURES XIV

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS XVI

LISTE DES ANNEXES XVIII

INTRODUCTION 1

Problématique 3

Objectifs de la recherche 5

Plan du mémoire 6

CHAPITRE 1 MISE EN CONTEXTE DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES DANS LE MONDE, AU QUÉBEC ET À MONTRÉAL 8

1.1 Description de la technologie des véhicules électriques 8

1.1.1 Les batteries des véhicules électriques 9

1.1.2 La recharge des véhicules électriques 10

1.1.3 Les avantages et les inconvénients des véhicules électriques 11

1.2 Marché mondial des véhicules électriques 13

1.3 Les véhicules électriques et les bornes de recharge au Québec et à Montréal 13

1.3.1 L'électricité du Québec 14

1.3.2 Le secteur des transports au Québec : la bête noire 14

1.3.3 Les véhicules électriques au Québec et à Montréal 15

CHAPITRE 2 REVUE CRITIQUE DE LA LITTÉRATURE 25

CHAPITRE 3 DÉMARCHE DU TRAVAIL DE RECHERCHE 28

3.1 Méthodologie générale 28

3.2 Sources de données 31

3.2.1 Données sondage 31

3.2.2 Données du Circuit électrique 34

CHAPITRE 4 ARTICLE 1 : POWERING THE TRANSITION: PUBLIC CHARGING STATIONS AND ELECTRIC VEHICLE ADOPTION 35

4.1 Introduction 37

4.2 Literature review 38

4.2.1 Objective and subjective factors behind EV adoption 38

4.2.2 Accessibility measures 43

4.3 Methods and data collection 43

4.3.1 Study context 43

4.3.2 Survey design 45

4.3.3 Accessibility measures 46

4.3.4 Modelling approach 47

4.4 Results and discussion 48

4.4.1 Sample description 48

4.4.2 Demographic characteristics 49

4.4.3 Descriptive statistics of the attitudinal variables 51

4.4.4 Accessibility analysis 53

4.4.5 Logit models 55

4.5 Conclusion 58

4.6 Acknowledgments 61
4.7 Author contributions 61
CHAPITRE 5 ANALYSES COMPLÉMENTAIRES 62
5.1 Analyse comparative de la possession de véhicules entièrement électriques et de véhicules hybrides rechargeables 62
5.2 Résultats complémentaires de l'enquête 65
5.2.1 Expérience avec les véhicules électriques pour les participants ne possédant pas de véhicule électrique 65
5.2.2 Bilan des questions réservées aux électromobilistes 69
5.2.3 Question ouverte 72
5.3 Analyse préliminaire des facteurs influençant l'utilisation des bornes de recharge publiques à Montréal 77
5.3.1 Présentation des données 77
5.3.2 Analyses spatiales 80
5.3.3 Relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge et le taux d'utilisation de ces bornes 84
CHAPITRE 6 DISCUSSION 86
6.1 Discussion sur les analyses complémentaires 86
6.2 Le rôle des perceptions 88
CHAPITRE 7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 89
7.1 Synthèse des travaux de recherche 89
7.2 Contributions de la recherche 91
7.3 Limites de la recherche 92
7.4 Recommandations 93
7.5 Perspective de recherche 95

RÉFÉRENCES 97

ANNEXES 108

LISTE DES TABLEAUX

Table 4.1 Measurement of perceived and prospective accessibility 47

Table 4.2 Summary demographics.....49

Table 4.3 Descriptive statistics of attitudinal factors 51

Table 4.4 Average objective accessibility, perceived accessibility and charging awareness 53

Table 4.5 Results of the logit models.....56

Tableau 5.1 Les cinq modèles de VÉ les plus populaires parmi les clients du Circuit électrique de Montréal.....78

Tableau 5.2 Valeurs moyennes de trois variables d'intérêt de la base de données d'Hydro-Québec sur les clients du Circuit électrique résidant à Montréal 80

Tableau 5.3 Coefficients de corrélation de Pearson entre l'accessibilité objective aux bornes de recharge du Circuit électrique et le taux d'utilisation de ces bornes par les clients 84

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Point d'équilibre environnemental entre les véhicules électriques et les véhicules conventionnels 12

Figure 1.2 Immatriculations des véhicules électriques neufs au Canada en 2019 17

Figure 1.3 Nombre de VÉ immatriculés au Québec et pourcentage des VÉ dans le parc automobile québécois en date du 31 décembre 18

Figure 1.4 Nombre de VÉ immatriculés à Montréal et pourcentage des VÉ dans la flotte automobile montréalaise en date du 31 décembre 19

Figure 1.5 Nombre de bornes de recharge du Circuit électrique au Québec au fil des années 22

Figure 2.1 Schéma des relations entre les différents concepts de la recherche 26

Figure 3.1 Méthodologie générale du travail de recherche (en jaune : source de données) 29

Figure 3.2 Nombre de réponses obtenues selon leur source et leur validité 33

Figure 4.1 Factors influencing EV adoption intention 40

Figure 4.2 Actual state of charging facilities in Montreal 45

Figure 4.3 Survey respondents' place of residence 49

Figure 4.4 Spatial representation of objective and perceived accessibility to public chargers 54

Figure 4.5 Comparison of objective accessibility and perceived accessibility measures 55

Figure 5.1 Statistiques descriptives des variables attitudinales des propriétaires de VÉ selon le type de leur véhicule 63

Figure 5.2 Expérience des participants du sondage ne possédant pas de VÉ (n = 542) en tant que conducteur d'un VÉ 66

Figure 5.3 Expérience des participants du sondage ne possédant pas de VÉ (N = 542) en tant que passager d'un VÉ 67

Figure 5.4 Statistiques descriptives des variables attitudinales quant aux VÉ selon l'expérience antérieure avec les VÉ 68

Figure 5.5 Réponses aux questions concernant les bornes rapides par les propriétaires de VEÉ 70

Figure 5.6 Réponses aux questions concernant le réseau de recharge en général des propriétaires de VÉ....71

Figure 5.7 Fréquence d'utilisation des applications mobiles de recharge par les participants du sondage propriétaires de véhicules électriques....72

Figure 5.8 Les quinze sujets les plus abordés dans la question ouverte de l'enquête....73

Figure 5.9 Score moyen attribué à la conception des bornes de recharge sur rue à Montréal par les participants de l'enquête....75

Figure 5.10 Nombre d'inscriptions au Circuit électrique de 2012 à 2019....79

Figure 5.11 Lieu de résidence des clients du Circuit électrique résidant sur l'île de Montréal....81

Figure 5.12 Les 12 arrondissements de l'île de Montréal qui accueillent le plus de clients du Circuit électrique en juin 2020....82

Figure 5.13 Carte de chaleur du taux d'utilisation des bornes de recharge appartenant à la Ville de Montréal par les clients du Circuit électrique....83

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AVÉQ	Association des véhicules électriques du Québec
ACV	Analyse du cycle de vie
CÉR	Comité d'éthique de la recherche
CH_4	Méthane
CO_2	Dioxyde de carbone
CO_2éq	Dioxyde de carbone équivalent
FECC	Fonds d'électrification et de changements climatiques
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
iVZE	Incitatifs pour l'achat de véhicules zéro émission
MELCCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
N_2O	Protoxyde d'azote
O_3	Ozone
ONU	Organisation des Nations unies
RTA	Réduire Transférer Améliorer
TCP	Théorie du comportement planifié
TRB	Transportation Research Board
TRD	Transportation Research Record Part D – Transport and Environment
VC	Véhicule conventionnel
VÉ	Véhicule électrique
VÉAP	Véhicule électrique à autonomie prolongée
VÉÉ	Véhicule entièrement électrique
VFR	Véhicule à faibles émissions

VHR	Véhicule hybride rechargeable
VUS	Véhicule utilitaire sport
VZE	Véhicule zéro émission

LISTE DES ANNEXES

Annexe A Sondage sur les véhicules électriques à Montréal.....108

INTRODUCTION

« *It is, I promise, worse than you think.* »

- David Wallace-Wells, dans son livre *The Uninhabitable Earth* (2019)

Depuis le début de la révolution industrielle en 1750, les émissions de gaz à effet de serre (GES)[1] liées à la combustion de pétrole, de charbon et de gaz naturel se multiplient. L'accumulation de ces gaz dans l'atmosphère contribue à la hausse de la température globale de la Terre qui, depuis la fin du 19e siècle, a augmenté de plus de 1 °C selon les enregistrements de 2019. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) estime qu'à chaque 10 ans, la planète se réchauffe de 0,2 °C (GIEC, 2019), réchauffement qui mène à la fonte des glaciers, à la hausse du niveau de la mer, à l'appauvrissement de la biodiversité, à la dégradation de la qualité de l'air et à la multiplication de phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les tempêtes, les inondations, les vagues de chaleur et les incendies.

En réponse à cette situation, le 12 décembre 2015, l'Accord de Paris a été adopté avec comme objectif collectif de « **limiter l'élévation de la température [moyenne de la planète] à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels[2]** » afin d'éviter « les risques et les effets [potentiellement irréversibles] des changements climatiques » (Nations unies, 2015).

Depuis le 22 avril 2016, Jour de la Terre, l'Accord est ouvert aux signatures et jusqu'à maintenant, 183 pays l'ont ratifié sur les 197 reconnus par l'Organisation des Nations unies (ONU) (United Nations Climate Change, 2020). C'est dans ce contexte que plusieurs pays, provinces et

---

[1] Les principaux GES sont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O) et l'ozone (O_3). Ces gaz ont tous un potentiel de réchauffement global (PRG) et une contribution au réchauffement planétaire distincts. Leurs émissions, souvent appelées « émissions carbone, » sont généralement mesurées en masse de CO_2 équivalent (CO_2éq) : unité créée par le GIEC, qui permet de combiner l'effet des différents gaz sur le climat en une seule mesure.

[2] Ainsi, à cause de l'Accord de Paris, les « niveaux préindustriels » de température sont souvent utilisés à titre de comparaison. Selon le GIEC, la période « préindustrielle » représente les années 1850 à 1900 (GIEC, 2019).

municipalités à travers le globe ont élaboré des politiques et des plans d'action visant à réduire leurs émissions de GES. Pour sa part, le Québec s'est fixé deux objectifs spécifiques, soit de réduire ses émissions de 37,5 % par rapport aux 86 millions de tonnes de CO_2éq émises en 1990[3] d'ici 2030 et de 80 à 95 % d'ici 2050 (Gouvernement du Québec, 2020).

Lors du Sommet sur l'action climatique tenu à l'occasion du cinquième anniversaire de l'Accord de Paris, l'état d'urgence climatique a été déclaré par le secrétaire général de l'ONU, Antonio Guterres, qui a critiqué le non-respect des engagements de l'Accord (Nations unies, 2020). En effet et a contrario, les émissions de GES ne cessent d'augmenter : en 2019, un taux record de 59 milliards de tonnes de CO_2éq émises a été mesuré, ce qui représente une augmentation de 5 % par rapport à 2015, année de l'Accord de Paris (Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 2020). Le GIEC estime qu'en l'absence de mesures complémentaires pour réduire nos émissions de carbone, nous dépasserons le seuil de 1,5 °C entre 2030 et 2052 (GIEC, 2010).

Un des secteurs particulièrement visés par les plans de lutte contre les changements climatiques est celui des transports, qui implique le transport routier, ferroviaire, maritime et aérien de personnes et de biens. En 2010, il représentait 14 % des émissions mondiales de GES. De ce pourcentage, 72 % provenaient du transport routier qui est alimenté à 94 % aux combustibles fossiles, tels que l'essence et le diesel. Le GIEC estime que, sans l'adoption de politiques durables, les émissions de ce secteur augmenteront à un rythme plus rapide que tout autre secteur (GIEC, 2014). Climate Transparency (2019) juge que pour ne pas dépasser le seuil de 1,5°C de réchauffement planétaire, les carburants fossiles ne devraient alimenter que 40 % des transports en 2050 et que **le dernier véhicule à combustion interne devrait se vendre en 2035**. De son côté, le GIEC propose des solutions selon une approche bien connue de la planification des transports : l'approche **RTA**. Les solutions ayant le plus d'impacts sont celles qui **R**éduisent les besoins de déplacements par exemple, en densifiant les territoires urbains ou en encourageant le télétravail. Il faut ensuite **T**ransférer les déplacements des modes énergivores, comme l'auto solo, vers des modes actifs ou collectifs. Enfin, il faut **A**méliorer l'efficacité énergétique des véhicules-km parcourus. **Les véhicules électriques (VÉ) s'inscrivent dans cette troisième sphère**.

---

[3] Le Québec utilise l'année 1990 pour établir ses cibles, car c'est depuis cette année que les émissions de GES résultant d'activités humaines sont tenues à jour (MELCCC, 2018).

Les VÉ fonctionnent à partir d'une batterie rechargeable à l'électricité et ne brûlent aucun carburant lors de leur utilisation. Lorsque l'électricité qui les alimente est renouvelable[4], ce qui est le cas pour 99,7 % de l'électricité produite au Québec (Régie de l'énergie du Canada, 2018), ces véhicules contribuent à l'amélioration de la qualité de l'air et à la réduction des émissions des GES. Cependant, si leur bilan environnemental est avantageux et les coûts en énergie moindres, les VÉ sont plus coûteux à l'achat que les véhicules conventionnels (VC) et requièrent une certaine adaptation de la part des conducteurs. En effet, ils possèdent actuellement des autonomies inférieures à celles offertes par les véhicules à essence ou à diesel, ce qui réduit la distance pouvant être parcourue avant de devoir les ravitailler. Ensuite, la recharge d'un VÉ ne se fait pas aussi rapidement qu'un plein d'essence et nécessite l'emploi d'une borne de recharge à domicile ou dans les lieux publics. Cette recharge peut représenter un frein additionnel si l'accès à un stationnement privé, et donc à une borne résidentielle, est limité, car recharger dans les espaces publics signifie trouver une borne disponible, payer l'électricité à un coût plus élevé que les tarifs résidentiels et déplacer à nouveau son véhicule lorsque la recharge est terminée.

Problématique

Le potentiel des VÉ à réduire notre consommation de carburants fossiles a poussé les gouvernements et les autorités publiques du monde entier à les promouvoir à l'aide de politiques publiques et de mesures incitatives. Ces interventions incluent notamment de l'aide financière, l'installation de bornes de recharge publiques et l'instauration de lois régulant la vente des VÉ. Bien que les ventes s'accélèrent d'année en année, elles représentent uniquement 6,0 % de la part totale des ventes de véhicules dans le monde (Virta, 2019). Au Québec, ce chiffre se situe à 6,2 % et la proportion des VÉ dans le parc automobile, à 0,8 % (AVÉQ, 2020). Afin d'augmenter significativement la pénétration des VÉ, il importe donc de comprendre ce qui motive et freine les acheteurs.

Depuis quelques années, les recherches sur les facteurs influençant la possession de VÉ se multiplient dans la littérature. Cependant, une lacune importante dans les travaux de recherche à

[4] Une énergie renouvelable est une énergie qui se reconstitue plus rapide qu'elle n'est consommée, en d'autres mots, qui est « illimitée » (énergies hydraulique, éolienne, solaire, biomasse, géothermie).

cet égard concerne l'accessibilité à l'infrastructure publique de recharge et son impact sur le taux de pénétration des VÉ. De plus, les études existantes sont souvent effectuées à des échelles régionales et distinguent rarement les régions urbaines de celles qui sont suburbaines ou rurales. Puisque les comportements de recharge diffèrent considérablement selon l'accès à une borne à domicile, il importe d'analyser distinctement l'influence du réseau de recharge des grandes villes, où un nombre important de ménages n'ont que la rue pour se stationner.

Outre les lacunes dans la littérature scientifique par rapport à l'accessibilité aux bornes électriques publiques dans un contexte urbain, on ne dénote pas d'approche systématique dans le développement du réseau de bornes de recharge à Montréal. En effet, malgré la présence de plus qu'un millier de bornes de recharge publiques sur l'île de Montréal en mars 2020 (AVÉQ, 2020), leur capacité à répondre aux besoins de mobilité et aux attentes sociétales des citoyens n'a pas été validée. Par ailleurs, certaines bornes du réseau public sont utilisées moins d'une fois par jour (Pineau & Rahimy, 2021). Il importe donc de les déployer avec réflexion afin de choisir leurs emplacements et de maximiser leur utilisation, ainsi que celle des fonds publics et collectifs.

À ce jour, il est estimé qu'environ 90 % de la recharge des VÉ s'effectue à domicile en raison de sa commodité et du profil actuel des propriétaires de VÉ, soit celui d'un individu avec un revenu élevé et un accès à un stationnement privé (Pineau & Rahimy, 2021). La chute des prix des VÉ rendra toutefois la technologie accessible aux individus appartenant à des tranches de revenu plus variées et qui dépendent possiblement de la rue pour garer leur véhicule. Cette augmentation potentielle des VÉ sur le marché risque de positionner les bornes de recharge publiques comme facteur déterminant à l'achat de VÉ.

En résumé, dans l'optique de favoriser l'augmentation des VÉ sur nos routes et de répondre aux besoins croissants de recharge publique, le déploiement réfléchi d'un réseau de recharge agissant à la fois comme substitut et complément à la recharge résidentielle est crucial. Ce déploiement stratégique requiert une meilleure compréhension de l'influence des bornes électriques sur les perceptions et l'intention d'adoption des VÉ par les populations urbaines, point qui est insuffisamment approfondi dans la littérature scientifique. Cette quête de compréhension constitue donc l'essence de ce mémoire.

Objectifs de la recherche

La présente recherche a pour objectif principal d'étudier la relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge publiques et les perceptions et l'adoption des VÉ par les Montréalais. L'étude se base principalement sur des données recueillies par un sondage en ligne visant à dépeindre les connaissances et les perceptions des résidents de l'île de Montréal en regard aux VÉ et aux bornes de recharge publiques et à les lier à des mesures objectives.

Le projet se décline en quatre objectifs spécifiques :

- Déterminer les facteurs socioéconomiques, attitudinaux et contextuels influençant la possession et l'intention d'achat de véhicules électriques par les Montréalais ;
- Étudier la relation entre les mesures objectives et subjectives de l'accessibilité aux bornes de recharge publiques selon la possession et le type d'automobile ;
- Identifier les préoccupations des Montréalais quant aux véhicules électriques et à la conception et l'intégration urbaine des bornes de recharge publiques ;
- Effectuer une analyse préliminaire des facteurs influençant l'utilisation des bornes de recharge publiques à Montréal.

Les résultats du projet permettront de mieux comprendre le rôle de l'infrastructure de recharge dans la promotion des VÉ à Montréal. À la lumière de ceux-ci, des améliorations favorisant l'adoption et l'intégration urbaine des bornes de recharge seront recommandées. Les résultats de l'étude pourront également être utilisés comme point de départ pour d'autres villes d'importance au Québec ou ailleurs au Canada.

Ainsi, en aidant Montréal et potentiellement d'autres grandes villes canadiennes dans l'électrification de leur parc automobile, le projet permettra de repenser nos façons d'intégrer les nouveaux concepts technologiques au sein de nos sociétés et de réduire l'empreinte carbone d'un des secteurs les plus polluants : celui des transports. Il s'inscrit donc dans le cadre du Plan pour une économie verte 2030 du gouvernement du Québec ainsi que dans les objectifs de l'Accord de Paris.

Plan du mémoire

Ce mémoire par article est divisé comme suit : le présent chapitre agit comme introduction et contient une mise en contexte du sujet en plus d'exposer la problématique liée à la recherche, les objectifs poursuivis et la structure du rapport.

Le premier chapitre porte sur la mise en contexte des VÉ dans le monde, au Québec et à Montréal. C'est dans ce cadre que le fonctionnement et l'état des VÉ et des bornes de recharge sont exposés.

Le deuxième chapitre constitue une synthèse de la revue de la littérature de l'article du Chapitre 4 et veille à la compréhension des concepts importants du mémoire, qui se basent sur les avancées scientifiques dans le domaine des VÉ et des bornes de recharge publiques.

Le chapitre trois résume la méthodologie développée pour atteindre les objectifs de recherche, notamment la source des données utilisées et la procédure de conception et de dissémination du sondage.

Le quatrième chapitre présente un article scientifique soumis en mars 2021 à la revue *Transportation Research Part D* et intitulé « *Powering the transition: Public charging stations and electric vehicle adoption.* » Cet article, principalement rédigé par l'auteure de ce mémoire et révisé par ses deux directrices de recherche, Geneviève Boisjoly et Hanane Dagdougui, est le produit d'une collaboration avec Sylvia Ying He de l'Université chinoise de Hong Kong. Il contient d'abord une revue de littérature relative aux facteurs technologiques, socioéconomiques, comportementaux et contextuels pouvant avoir un impact sur l'adoption réelle et l'intention d'adoption des VÉ. Le concept d'accessibilité est également abordé. Globalement, la revue permet de situer le présent projet dans la littérature existante et de saisir sa portée et son importance dans le domaine de recherche en question. L'article aborde ensuite le premier objectif de ce mémoire en étudiant l'influence de facteurs socioéconomiques, attitudinaux et contextuels sur la possession et l'intention d'achat de VÉ par les Montréalais. Le deuxième objectif de la recherche est également traité dans ce chapitre, qui contient une analyse de la relation entre les mesures objectives et subjectives d'accessibilité aux bornes de recharge publiques selon la possession et le type d'automobile. Une version antérieure de cet article a été présentée à la Conférence internationale du *Transportation Research Board* en janvier 2021.

Le cinquième chapitre inclut des analyses complémentaires à l'article présenté au Chapitre 4. Plus précisément, en se basant sur les données recueillies par le sondage en ligne, il contient une étude comparative des perceptions des propriétaires de véhicules entièrement électriques (VEÉ) et ceux de véhicules hybrides rechargeables (VHR), suivie d'un examen de l'expérience antérieure des répondants avec les VÉ et d'une présentation quantitative des préoccupations et des besoins des participants. Le chapitre conclut avec une analyse préliminaire de l'utilisation des bornes de recharge publiques par les propriétaires de VÉ à Montréal, qui s'appuie sur des données fournies par Hydro-Québec. Ces analyses permettent d'atteindre les deux derniers objectifs de ce mémoire, tels qu'ils sont définis à la page 5.

Le sixième chapitre contient une discussion quant aux analyses complémentaires du Chapitre 5 et à leurs liens avec la littérature ainsi qu'une discussion plus globale sur l'importance des perceptions dans l'adoption des VÉ.

Enfin, le septième chapitre rappelle les grandes conclusions de l'étude et présente les limitations de la méthodologie utilisée. En s'appuyant sur le reste du mémoire, il propose des perspectives de recherche ainsi que des recommandations de politiques à adopter afin de façonner les réseaux d'infrastructures de recharge des grandes villes, nécessaires au déploiement de masse de VÉ.

CHAPITRE 1 MISE EN CONTEXTE DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES DANS LE MONDE, AU QUÉBEC ET À MONTRÉAL

« *I'm looking for guilt-free driving … I love [being able to] go where I want to go when I want to go … without feeling like I'm wrecking the environment.* »

- Brian Smith, propriétaire d'une Tesla Model S (Axsen, Jonn et al., 2018)

Afin de bien comprendre les enjeux reliés au sujet de ce mémoire, il importe de fournir au lecteur une mise en contexte claire et précise des VÉ dans nos sociétés. Ainsi, le fonctionnement et les enjeux de la technologie seront exposés dans la première partie de ce chapitre. La section suivante abordera la situation mondiale des VÉ et les raisons de leur succès dans certains pays. Puisque la recherche s'intéresse spécifiquement à l'île de Montréal, la place qu'occupent les VÉ au Québec et à Montréal sera illustrée, de pair avec les incitatifs offerts aux acheteurs dans ces régions.

1.1 Description de la technologie des véhicules électriques

La technologie des VÉ, inventée il y a plus de 100 ans, mais relancée plus activement depuis 1990 (Helmers & Marx, 2012), inclut les véhicules entièrement électriques (VEÉ), les véhicules hybrides rechargeables (VHR) et les véhicules électriques à autonomie prolongée (VÉAP).

Les VEÉ sont alimentés à 100 % par une batterie rechargeable et possèdent actuellement une autonomie électrique de 150 km à 595 km selon le modèle du véhicule. À titre d'exemple, une Nissan LEAF[5] 2021 possède une autonomie approximative de 240 km (https://nissan.ca/) alors que l'autonomie de la Tesla Model 3 peut atteindre 568 km (https://www.tesla.com/). Logiquement, une plus grande autonomie signifie un coût d'achat plus élevé.

Bien qu'ils ne soient pas abordés de façon détaillée dans ce mémoire, il importe de saisir le fonctionnement des véhicules hybrides. Ces derniers combinent un moteur à combustion interne, fonctionnant à partir d'essence ou de Diesel, un moteur électrique et une batterie. Cette batterie se

[5] Le modèle standard de 40 kWh (et non la Nissan LEAF Plus de 62 kWh).

recharge lors du freinage du véhicule et permet d'améliorer l'efficacité énergétique du véhicule et ainsi, de réduire la consommation en carburant.

Les véhicules hybrides rechargeables contiennent, comme les véhicules hybrides, deux moteurs – un électrique et un à combustion interne – et une batterie. Leur particularité réside dans le fait que leur batterie doit être rechargée sur le réseau électrique. Les VHR requièrent donc deux « pleins, » un d'électricité pour la batterie et un d'essence pour le moteur à combustion. Ces voitures peuvent rouler de 20 à 80 km en mode électrique (Helmers & Marx, 2012) jusqu'à ce que leur batterie se décharge, moment auquel le moteur à essence se met en marche. Ils sont souvent conseillés pour les personnes qui veulent s'initier à la conduite électrique, car ils exigent moins de changements drastiques des habitudes de mobilité que les VEÉ. En effet, leurs propriétaires ne doivent pas se soucier de recharger leur batterie lors de longs trajets, car ils peuvent compter sur le moteur à essence pour prendre la relève.

Enfin, les VÉAP sont des VHR équipés d'une génératrice à essence qui alimente le véhicule une fois la batterie déchargée et qui permet de rouler plus longtemps en mode électrique, comparativement aux VHR standards (Rahman et al., 2015). La Chevrolet Volt, très populaire auprès des Québécois, mais qui est maintenant discontinuée, est un exemple d'un VÉAP.

Ce mémoire se concentre sur les VEÉ, les VHR et les VÉAP, et à moins de spécifier l'un ou l'autre, je les appellerai collectivement « VÉ. » Il convient également de noter que ces véhicules peuvent aussi être dénommés « véhicules rechargeables » ou « véhicules zéro émission » (VZE).

1.1.1 Les batteries des véhicules électriques

Les batteries les plus souvent utilisées dans les VÉ sont les batteries à lithium-ion (Ménigault, 2014). L'autonomie des VÉ découle directement de la capacité de leurs batteries, exprimée en kilowattheure (kWh), qui traduit la quantité d'énergie qu'elles peuvent emmagasiner. Une batterie avec une grande capacité pourra stocker plus d'énergie et son véhicule pourra rouler plus longtemps sans nécessiter la recharge de cette dernière. Si on reprend l'exemple de la Nissan LEAF et de la Tesla, la batterie de la LEAF possède une capacité de 40 kWh (https://nissan.ca/) tandis que celle de la Tesla Model 3 se chiffre à 50 kWh (https://www.tesla.com/). Pour convertir des kilowattheures en kilomètres, on doit connaître la consommation du VÉ, généralement mesurée en kWh/100 km. Des études chiffrent cette consommation entre 15 kWh/100 km et 25 kWh/100 km

(Helmers & Marx, 2012). Enfin, l'autonomie des véhicules rechargeables varie selon plusieurs facteurs, tels que l'état de la batterie, les conditions météorologiques, l'utilisation du chauffage et du climatiseur et le type de conduite. Par exemple, une étude réalisée au Québec a estimé qu'un VHR peut consommer jusqu'à 20 % de plus en hiver en raison du froid (Zahabi et al., 2014). Il est attendu que cette proportion augmente de façon plus importante pour les véhicules pour les VEÉ.

1.1.2 La recharge des véhicules électriques

Comme tout appareil électronique, les batteries des VÉ peuvent être rechargées à partir du réseau électrique local, et cela, par l'entremise d'une borne de recharge électrique. Ces bornes peuvent être la propriété des conducteurs, donc installées au domicile de ces derniers, des employeurs ou des autorités publiques. En effet, afin de permettre aux propriétaires de VÉ de se ravitailler en route lorsque nécessaire, ces dernières mettent à disposition de leurs citoyens des bornes publiques, souvent situées dans les rues ou dans les stationnements publics. La plupart du temps, l'utilisateur doit payer son électricité, qui est facturée en temps ou en quantité (en kWh). En 2019, sur 7,3 millions de bornes de recharge installées mondialement, seulement 12 % d'entre elles étaient publiques (International Energy Agency, 2020). Ces chiffres soutiennent certaines études, qui suggèrent que 80 à 90 % de la recharge électrique se fait à la maison (Hardman et al., 2018; Lopez-Behar et al., 2019) en raison de sa commodité et de ses coûts modiques.

À ce jour, trois types de bornes de recharge sont utilisées dans le monde (Hydro-Québec, 2021a) :

- Borne de niveau 1 (lente) – prise de courant murale conventionnelle de 120V, principalement utilisée comme usage résidentiel. Charger un véhicule peut prendre jusqu'à 16 heures (elles ajoutent de 5 à 6 km par heure).
- Borne de niveau 2 (standard) – borne à 240V (puissance de 7,2 kW) utilisée à la fois à domicile ou dans les lieux publics qui permet une recharge de 5 à 10 heures (soit l'équivalent de 30 à 40 km par heure). Pour être utilisée à la maison, dans un garage comme à l'extérieur, elle doit être installée par un électricien.
- Borne rapide à courant continu (BRCC) – borne à 400V ou plus (puissance de 50 kW) qui permet une recharge complète en moins d'une heure (soit l'équivalent de 150 à 300 km par heure). En raison de leur coût élevé et de la nécessité d'équipements spécialisés pour fonctionner, ces bornes ne sont présentes que dans les réseaux publics de recharge.

Il importe de noter que les VHR et certains modèles de VEÉ ne prennent pas en charge la tension des bornes rapides et doivent donc se contenter des bornes de niveaux 1 ou 2. De plus, compte tenu des temps de recharge très courts qu'elles permettent, les bornes rapides gagnent en popularité ces dernières années, surtout en Chine, qui possède 82 % de toutes les bornes rapides mondiales (International Energy Agency, 2020). Des projets pilotes sont réalisés pour installer des bornes à 160 ou 350 kW, qui réduiraient le temps de recharge et optimiseraient les déplacements des propriétaires de VÉ (Circuit électrique, 2020a).

1.1.3 Les avantages et les inconvénients des véhicules électriques

Les véhicules rechargeables présentent beaucoup d'avantages relatifs à la voiture conventionnelle : en plus de posséder une mécanique simpliste et une meilleure efficacité énergétique, leurs coûts d'utilisation et d'entretien sont moins élevés. Par exemple, pour un VEÉ utilisé au Québec qui consomme en moyenne 21 kWh/100 km[6], ils permettent d'épargner environ 80 % des coûts en énergie[7] (Hydro-Québec, 2019a).

Cependant, la technologie des VÉ comporte des désavantages et certaines de ses caractéristiques peuvent freiner certains consommateurs à en faire un achat. D'abord, bien que leur coût d'acquisition ait grandement diminué ces dernières années, il est toujours plus élevé que celui d'un VC. De plus, malgré les avancements technologiques, ces véhicules ont une autonomie restreinte et une vitesse de recharge ne pouvant permettre un plein en moins de 30 minutes. Enfin, peu de choix de modèles sont offerts sur le marché, surtout en ce qui concerne les véhicules de grande taille, et certains acheteurs doivent attendre des mois avant de recevoir leur nouveau véhicule. Heureusement, ces derniers points sont sujets à changer au fur et à mesure que le marché des VÉ se développe.

Bien que les VÉ soient présentés par plusieurs comme l'une des solutions aux changements climatiques, les impacts environnementaux des VÉ ne doivent pas être négligés. Les analyses de

---

[6] La valeur moyenne de consommation suggérée pour les zones « ultra-urbaines » se situe à 20,8 kWh/100 km (Helmers & Marx, 2012).

[7] En comparant avec un véhicule à essence consommant 7,1 litres/100 km et en supposant un prix de l'essence à 1,50 $/litre et un prix de l'électricité à 0,1079 $/kWh (tarifs résidentiels) (Hydro-Québec, 2019a).

cycle de vie (ACV), qui évaluent le bilan environnemental de produits sur l'ensemble de leur cycle de vie, ont permis de déduire qu'un VÉ n'ayant roulé aucun kilomètre a un bilan environnemental pire que celui d'un VC dans la même situation. En effet, les étapes de production d'un VÉ sont plus néfastes pour l'environnement que les étapes de production d'un VC, principalement en raison des grandes quantités de ressources minérales que demandent le moteur électrique et la batterie (CIRAIG, 2016). Du côté des véhicules à essence, l'étape du cycle de vie ayant le plus d'impact sur l'environnement est celle de l'utilisation du véhicule du fait de la combustion de carburants fossiles. Ainsi, plus un véhicule à essence est utilisé, plus son bilan environnemental s'alourdit et plus il se rapproche de celui d'un VÉ. Après une certaine distance parcourue avec les deux véhicules, un point « d'équilibre environnemental » est atteint, phénomène représenté par la Figure 1.1.

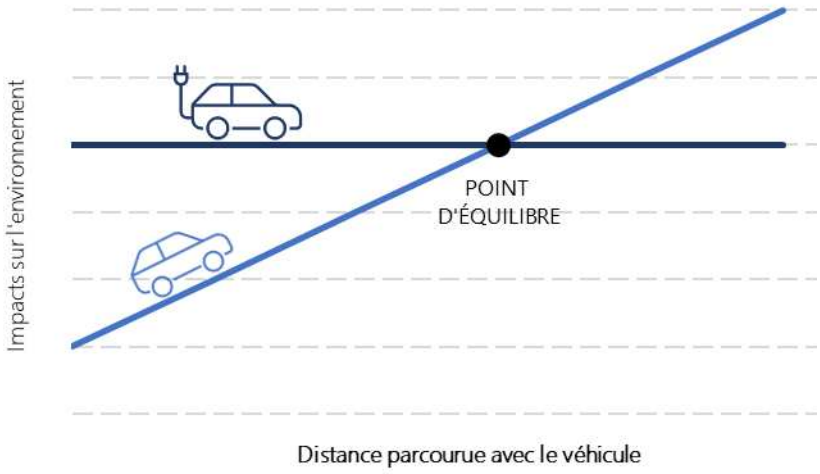

Figure 1.1 Point d'équilibre environnemental entre les véhicules électriques et les véhicules conventionnels

Ce point d'équilibre dépend de plusieurs facteurs, tels que la source d'énergie utilisée pour alimenter les véhicules (pour les VC, essence ou diesel, et pour les VÉ, les sources d'énergie pour produire l'électricité), leur efficacité énergétique et le poids et la durée de vie de la batterie. Nous reviendrons à l'ACV dans la section 1.3.3, où une comparaison des VÉ et des VC sera effectuée dans le contexte québécois.

Enfin, il ne faut pas oublier que les VÉ restent des automobiles individuelles et qu'il subsiste donc des effets négatifs liés à leur utilisation. En effet, la transition des véhicules conventionnels aux VÉ ne règle pas les problèmes de dépendance à l'auto solo, de congestion et de sécurité routière et

d'étalement urbain. Pour limiter les effets des changements climatiques, il faut donc s'assurer que l'électrification touche autant le transport individuel que le transport de marchandises et le transport collectif et qu'elle se fasse de concert avec la réduction des déplacements et la promotion de modes de transport plus durables, comme l'autopartage et les transports collectifs et actifs.

1.2 Marché mondial des véhicules électriques

Dans les dernières années, les gouvernements et les autorités publiques de partout à travers le monde se sont évertués à mettre en œuvre des politiques visant à stimuler les ventes des VÉ sur leurs marchés et ainsi réduire l'empreinte écologique de leurs systèmes de transport. En 2019, le nombre de VÉ circulant sur les routes du monde entier était de 7,2 millions et représentait 1 % du parc automobile mondial, situation qui a grandement évolué depuis les 17 000 VÉ immatriculés en 2010. Près de la moitié des 7,2 millions de VÉ roulent en Chine qui à elle seule, produit 57 % des VÉ vendus sur le marché mondial. Cependant, si on regarde le pourcentage des ventes d'automobiles, seulement 5,2 % des véhicules vendus en Chine sont électriques tandis que 56 % de celles de la Norvège le sont. La Norvège est donc considérée comme le leader mondial des VÉ. Avec 2,2 % des ventes de véhicules étant électriques, le Canada se situe en 12ème position mondiale (Virta, 2019). La popularité grandissante des ventes de VÉ peut s'expliquer par les nombreuses politiques adoptées par les villes, provinces et pays. Par exemple, le succès des VÉ en Norvège est dû au retrait des péages routiers, à l'accès aux voies réservées, à la gratuité de stationnement et de recharge à certains endroits, à l'installation nombreuse de bornes de recharge de niveau 2 et rapides et à la sensibilisation de la population quant aux avantages des VZE. Les consommateurs de VÉ ont également moins de taxes routières et de taxes à l'achat à payer que les acheteurs de véhicules à essence, qui sont, de leur côté, lourdement taxés (Carranza et al., 2013).

1.3 Les véhicules électriques et les bornes de recharge au Québec et à Montréal

Le Québec est une province du Canada située dans la partie est du pays. Avec sa superficie de 1,36 million km^2, elle est la plus grande province du pays (Statistiques Canada, 2017). Elle possède une population de 8,55 millions essentiellement répartie au sud, près des frontières avec les États-Unis (Statistiques Canada, 2020a). Sa capitale est la ville de Québec et sa première ville en

importance, Montréal. La province a la particularité d'être la seule du pays dont la langue officielle est le français.

1.3.1 L'électricité du Québec

Il est d'abord capital de mettre l'accent sur le contexte énergétique du Québec. Dans la province, 99,7 % de l'électricité est produite par de l'énergie renouvelable, soit principalement de l'hydroélectricité (94,0 %) et de l'énergie éolienne (5,3 %) (Whitmore & Pineau, 2020). L'électricité hydraulique au Québec est abondante et très abordable. Avec ses 63 centrales, la province arrive en quatrième rang mondial de production d'hydroélectricité après la Chine, le Brésil et les États-Unis (Chassin, 2013). Sa production, son transport et sa distribution sont coordonnés par la société d'État Hydro-Québec. Au 1er avril 2020, le coût moyen de la facture d'électricité mensuelle pour les clients résidentiels à Montréal était de 100 $ pour 1 000 kWh, tarif qui positionnait la ville au premier rang parmi 22 grandes villes nord-américaines (Hydro-Québec, 2020).

La grande place de l'énergie renouvelable dans le bouquet électrique québécois se solde par une très faible intensité des émissions de GES associée à la production d'électricité (calculée en grammes de CO_2éq par kWh d'électricité produite). En 2012, l'intensité carbone du kilowattheure distribué se situait à 22 g de CO_2éq, valeur semblable à celle du bouquet électrique de la Norvège (25 g de CO_2éq par kWh), qui est lui aussi composé principalement d'hydroélectricité. Les bouquets des régions produisant leur électricité majoritairement à partir de combustibles fossiles[8], comme la Chine (1 192 g de CO_2éq par kWh) et l'Inde (1 538 g de CO_2éq par kWh), présentaient des valeurs d'intensité carbone 50 fois plus élevées que celle du Québec (CIRAIG, 2014).

1.3.2 Le secteur des transports au Québec : la bête noire

Au Québec, le secteur des transports est le plus polluant, notamment car 97,6 % de l'énergie qu'il consomme provient de carburants fossiles (essence, diesel, propane, etc.) (Whitmore & Pineau, 2020). En 2016, il a émis 33,8 Mt de CO_2éq, ce qui représentait 43 % des émissions de la province. Le transport routier (transport commercial de passagers et de marchandises et transport personnel)

[8] Le pétrole, le charbon et le gaz naturel sont trois exemples de combustibles fossiles.

était responsable de 80 % de ces émissions, soit 34,4 % des émissions totales du Québec. Ces chiffres dévoilent une augmentation des émissions de 21,9 % par rapport aux niveaux de 1990 (MELCCC, 2018) causée, entre autres, par l'expansion du parc automobile privé (de 65 % entre 1990 et 2017, soit une augmentation environ trois fois plus importante que la croissance démographique du Québec). En 2018, cinq millions de véhicules de promenade[9] (voitures, motocyclettes, VUS, habitations motorisées) étaient immatriculés au Québec, représentant un taux de motorisation de 645 véhicules pour 1 000 Québécois. En plus d'être plus nombreux à posséder un véhicule personnel et de parcourir en moyenne des distances plus élevées, les Québécois achètent de plus en plus de camions légers (VUS, fourgonnettes) pour effectuer leurs déplacements malgré le coût d'achat élevé de ces derniers. Ils constituent maintenant 41 % du parc automobile québécois, contre 25 % en 2003. Ces deux derniers points annulent les progrès réalisés pour construire des véhicules avec une meilleure efficacité énergétique[10] (Whitmore & Pineau, 2020).

1.3.3 Les véhicules électriques au Québec et à Montréal

La section précédente démontre que le secteur des transports au Québec ne s'aligne pas avec les cibles fixées par le gouvernement pour réduire les émissions de GES et illustre l'importance de mettre en œuvre des politiques robustes pour freiner cette tendance. Les VÉ figurent parmi les solutions permettant de réduire notre dépendance au carbone, spécifiquement dans le contexte énergétique québécois.

Une ACV effectuée par le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) conclut que pour la catégorie d'impact des changements climatiques[11], les VÉ, si utilisés au Québec, représentent un meilleur choix que les VC à partir de

[9] Un véhicule de promenade est un véhicule d'au plus 9 places assises utilisé par des particuliers à des fins personnelles.

[10] L'efficacité énergétique représente la « quantité d'énergie nécessaire pour transporter un passager ou une tonne de marchandise sur un kilomètre » (Whitmore & Pineau, 2020).

[11] En analysant les impacts environnementaux des VÉ sur cinq catégories de dommage environnemental, l'ACV du CIRAIG (2016) présente différents points d'équilibre environnemental : pour la santé humaine, les VÉ sont préférables aux VC à partir de 85 300 km ; pour la qualité des écosystèmes, ce point d'équilibre se situe à 43 000 km ; pour

32 000 km (CIRAIG, 2016). Autrement dit, à partir de ces distances, les impacts environnementaux causés par les émissions de GES liées à l'utilisation d'un VC égaliseraient ceux engendrés par la production d'un VÉ. Ainsi, un individu conduisant 7 000 km par année, kilométrage annuel moyen des habitants de l'île de Montréal (Winkelman et al., 2019), trouverait ce point d'équilibre environnemental (Figure 1.1) en 4 ans et demi s'il ne change pas sa batterie en cours de route, qui a une durée de vie approximative de 160 000 km (CIRAIG, 2016).

En plus d'être bénéfique pour l'empreinte carbone du Québec, l'électrification des transports a le potentiel de renforcer l'économie du Québec en remplaçant l'importation coûteuse de pétrole par l'utilisation d'une électricité locale et renouvelable. En 2018, la province importait l'équivalent de 5,5 milliards de dollars canadiens de pétrole brut principalement de l'Ouest canadien et des États-Unis (Énergie et Ressources naturelles Québec, 2019). Le risque de déversement de ces hydrocarbures lors de leur transport par pipeline, par train ou par bateau soulève également des préoccupations environnementales.

Avec la Colombie-Britannique et l'Ontario, le Québec est une des trois provinces canadiennes avec le plus grand marché de VÉ. Comme la Figure 1.2 l'illustre, en 2019, 49 % des VÉ neufs immatriculés au pays provenaient du Québec (Statistiques Canada, 2020b) alors que la population québécoise ne représente que 22,5 % de la population canadienne (Statistiques Canada, 2020a). Ainsi, les VÉ représentaient 5,5 % de tous les nouveaux véhicules immatriculés au Québec tandis que ce chiffre s'élevait à 7,2 % en Colombie-Britannique (Statistiques Canada, 2020b).

---

l'épuisement des ressources fossiles, à 29 000 km ; et pour l'épuisement des ressources minérales, les VÉ ne sont jamais préférables aux VC.

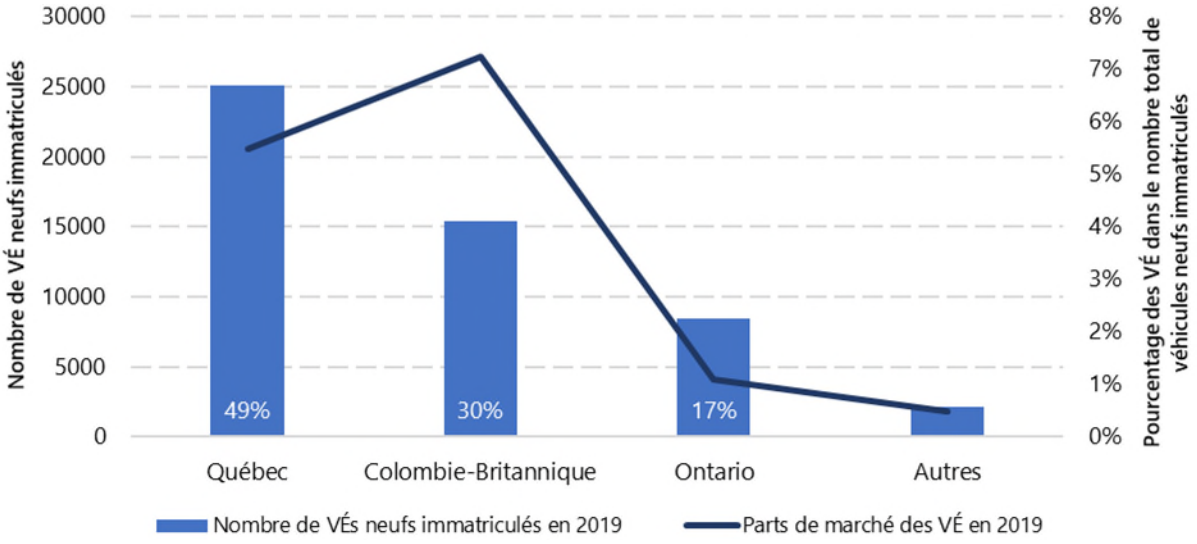

Figure 1.2 Immatriculations des véhicules électriques neufs au Canada en 2019

En date du 31 décembre 2020, 91 826 VÉ étaient enregistrés au Québec, dont 56 % étaient entièrement électriques et 44 %, hybrides rechargeables. En termes relatifs, les VÉ représenteraient maintenant près de 0,8 % du parc automobile québécois. Bien que ce chiffre soit encore bas, les ventes de VÉ augmentent d'années en années : par exemple, elles ont augmenté de 56 % entre 2018 et 2019. La Figure 1.4 illustre l'évolution du nombre de VÉ en circulation dans la province ainsi que de leur proportion dans le parc automobile québécois (AVÉQ, 2020).

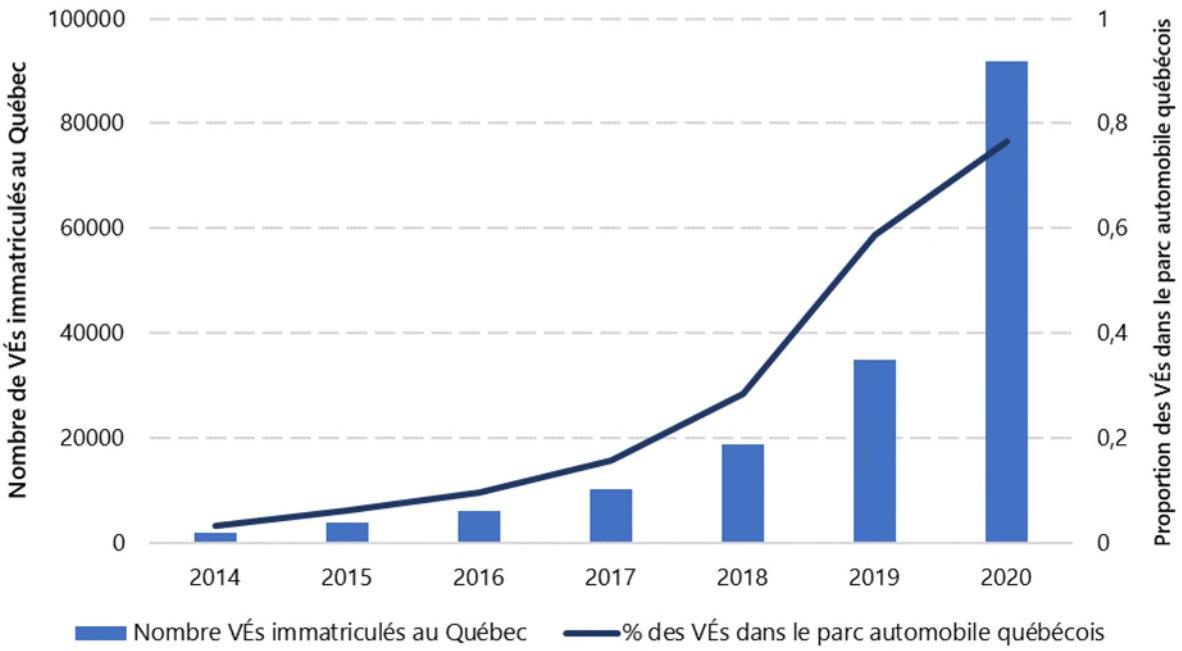

Figure 1.3 Nombre de VÉ immatriculés au Québec et pourcentage des VÉ dans le parc automobile québécois en date du 31 décembre

À Montréal, région visée par la présente recherche, les tendances sont similaires en ce qui concerne les ventes de VÉ et leur place dans le parc automobile, comme le présente la Figure 1.4 (AVÉQ, 2020).

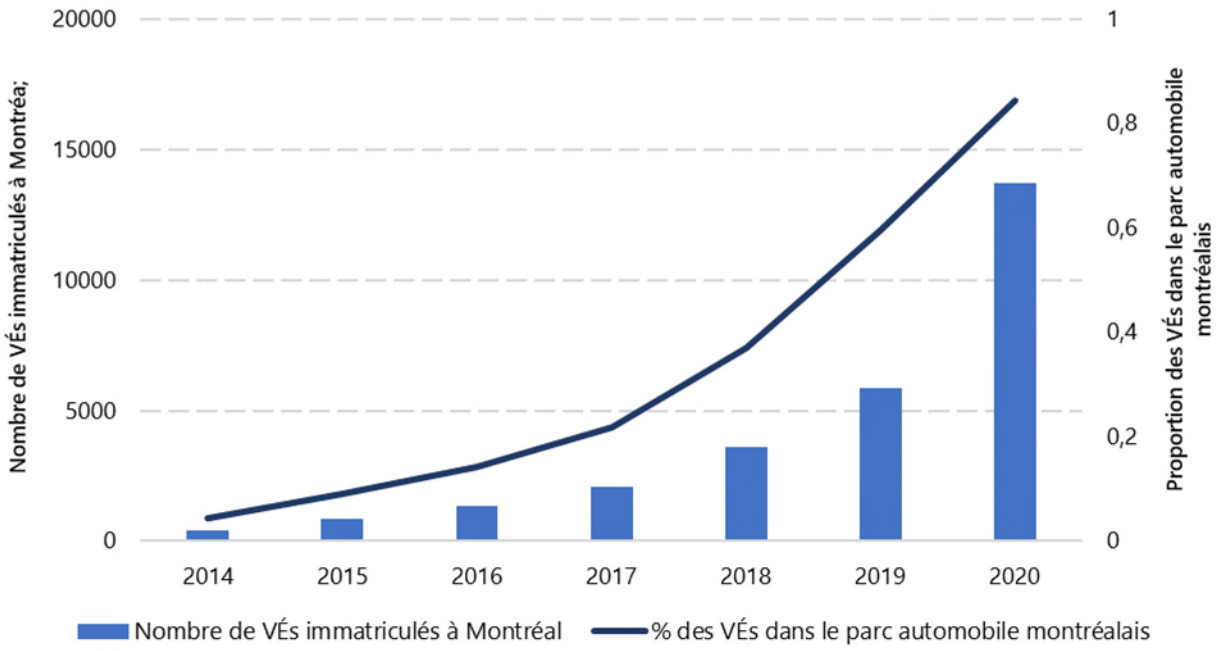

Figure 1.4 Nombre de VÉ immatriculés à Montréal et pourcentage des VÉ dans la flotte automobile montréalaise en date du 31 décembre

1.3.3.1 Incitatifs pour véhicules électriques

Dans une optique de décarbonisation des transports, le **gouvernement fédéral** a établi les objectifs suivants : 825 000 VZE en 2025 (10 % des nouveaux véhicules légers vendus au Canada), 2,7 millions en 2030 (30 % des ventes) et 14 millions (100 % des ventes) en 2040. Pour réaliser ce but, le programme Incitatifs pour l'achat de véhicules zéro émission (iVZE) a été adopté et offre jusqu'à 5 000 $ aux acheteurs de VEÉ neufs et 2 500 $ aux acheteurs de VHR neufs. Dans le cadre de l'Initiative pour le déploiement d'infrastructures pour les VÉ et les carburants de remplacement, le gouvernement a réservé 96,4 millions de dollars canadiens (de 2016 à 2022) pour déployer un réseau de recharge rapide bornant les autoroutes nationales et 130 millions de dollars (de 2019 à 2024) pour construire un réseau (bornes standards et rapides) dans les municipalités (Transports Canada, 2020).

De son côté, dans son Plan pour une économie verte, le **gouvernement du Québec** vise l'enregistrement de 1,5 million de VÉ en 2030 (Gouvernement du Québec, 2020). Par le biais du programme Roulez vert, il offre des subventions à l'achat et à la location de VÉ ou de bornes de recharge résidentielles pouvant atteindre :

- 8 000 $ pour un VÉ (VEÉ ou VHR) neuf dont le coût d'achat est inférieur à 60 000 $;
- 4 000 $ pour un véhicule d'occasion dont le coût d'achat équivalent est inférieur à 60 000 $;
- 600 $ pour une borne de recharge à domicile (240V), qui coûte en moyenne 1 500 $ avec l'installation (Gouvernement du Québec, 2019b) ;
- 5 000 $ pour une borne (240V) en milieu de travail ou pour un bâtiment multilogement.

Selon le plan budgétaire de 2019, en 2020 et 2021, le gouvernement prévoyait consacrer 433 millions de dollars pour ce programme, somme directement tirée du Fonds d'électrification et de changements climatiques (FECC) (Gouvernement du Québec, 2019a). Le FECC est un fond qui remplace l'ancien Fonds Vert depuis le 1er novembre 2020 et qui est destiné à lutter contre les changements climatiques et à promouvoir l'électrification des transports. Les revenus du FECC proviennent majoritairement du marché du carbone et des ventes aux enchères des unités d'émission de GES (MELCCC, 2021).

Outre le programme Roulez vert, la norme véhicules zéro émission (ou la norme VZE), en vigueur depuis janvier 2018, joue un rôle important dans l'électrification du parc automobile québécois. Cette norme oblige certains constructeurs automobiles à fournir au marché automobile des véhicules à faibles émissions (VFE). Les fournisseurs vendant ou louant plus de 4 500 véhicules neufs annuellement sont assujettis à la norme VZE. Selon leurs chiffres de vente, chacun a un nombre de « crédits » exigé annuellement, qu'ils peuvent accumuler en fournissant des VFE au marché. Un nombre de crédits est associé à chaque type de véhicule (les VEÉ représentent plus de crédits que les VHR, par exemple). Si le constructeur n'atteint pas ce chiffre en vendant des automobiles, il peut acheter les crédits excédentaires d'un constructeur conforme à la norme (MELCCC, 2020).

De plus, les conducteurs de VÉ ont plusieurs avantages qui accompagnent leur plaque d'immatriculation verte, comme l'accès à des voies réservées et l'accès gratuit aux deux ponts à péage autour de l'île de Montréal (autoroutes 25 et 30) (Société de l'assurance automobile du Québec, 2019) et à six traversiers à travers la province (https://www.traversiers.com/). Enfin, dans son plan de mise en œuvre 2021-2026 du Plan pour une économie verte 2030, le gouvernement

alloue un budget de 13,1 millions de dollars pour l'installation des bornes de recharge publiques du Circuit électrique (Gouvernement du Québec, 2020).

1.3.3.2 La recharge publique au Québec

Comme dans plusieurs autres régions du monde, des bornes de recharge publiques sont mises à disposition au Québec pour permettre aux conducteurs de VÉ de recharger leur véhicule lors de leurs déplacements. Plusieurs réseaux de recharge existent dans la province, mais seuls ceux qui sont actifs sur l'île de Montréal sont présentés dans cette section.

Le réseau de recharge le plus ancien et le plus répandu au Québec est le Circuit électrique, qui est installé et géré par Hydro-Québec. Depuis 2012, le Circuit électrique fournit à la population du Québec et de l'Est de l'Ontario l'accès à des bornes de recharge de niveau 2 ou rapides en bordure de rue, dans les stationnements municipaux, institutionnels ou de commerces (restaurants, centres commerciaux, institutions financières, etc.) ou dans les stations-service (https://lecircuitelectrique.com/). Comme mentionné dans la section précédente, le déploiement de ces bornes est en partie financé par le gouvernement québécois. Hydro-Québec joue également le rôle de chef de file dans le financement des bornes de recharge de son réseau. Depuis l'adoption de la Loi favorisant l'établissement d'un service public de recharge rapide pour VÉ en 2018, la société d'État est autorisée à utiliser « les revenus générés par l'augmentation des ventes d'électricité engendrées par la recharge » pour l'installation des bornes rapides publiques (Assemblée nationale du Québec, 2018).

Le Circuit électrique présente, sur son site Web, sa stratégie de déploiement des bornes de recharge publiques. Il explique que quatre facteurs principaux sont considérés lors du choix de l'emplacement d'une nouvelle borne (https://lecircuitelectrique.com/) :

- La pertinence du lieu, qui dépend de la proximité et du taux mensuel d'utilisation des autres bornes du secteur ou du nombre de citoyens à proximité n'ayant pas accès à une borne résidentielle ;
- L'accessibilité de la borne ;
- Les services offerts à proximité ;
- La faisabilité technique et économique de l'installation.

Quant à elle, la Ville de Montréal assure installer, en collaboration avec le Circuit électrique, les bornes près de « trottoirs assez larges » et « près de générateurs de déplacement (artères commerciales ou centres commerciaux, hôpitaux, grands parcs, etc.), mais également dans les secteurs résidentiels de moyenne à forte densité » (Ville de Montréal, 2021).

Les propriétaires de VÉ voulant recharger leur véhicule à Montréal peuvent également utiliser les bornes publiques du réseau FLO, réseau détenu par la compagnie AddÉnergie. Comme les bornes du Circuit électrique, les bornes FLO sont déployées en bordure de rue ou dans les stationnements municipaux (Circuit Électrique, 2020b). Enfin, des bornes Tesla couvrent le territoire québécois, mais sont disponibles uniquement pour les propriétaires de ce type de véhicule. En 2020, l'île de Montréal accueillait deux sites de superchargeurs (endroits où plusieurs bornes rapides Tesla sont installées) ainsi que 19 bornes de niveau 2 (appelées « recharge à destination »), sur lesquelles plusieurs voitures peuvent être connectées simultanément (https://www.tesla.com/findus/).

La Figure 1.5 illustre le déploiement des bornes de recharge appartenant au Circuit électrique au Québec (Pineau & Rahimy, 2021) et témoigne du nombre élevé de bornes de niveau 2 comparativement aux bornes rapides.

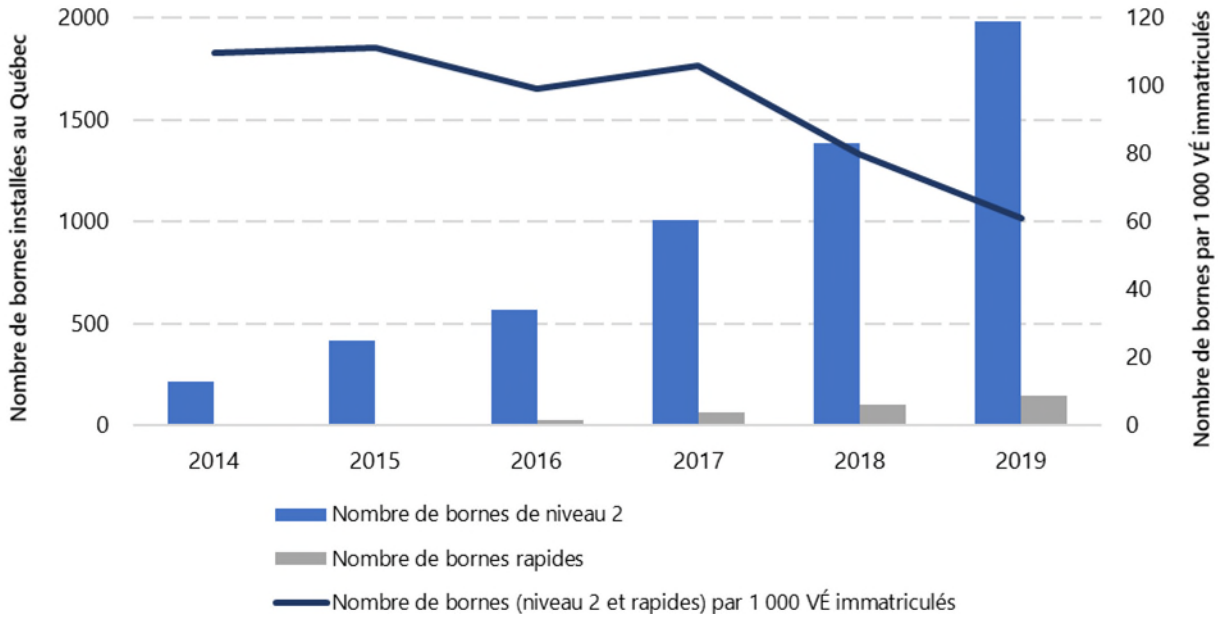

Figure 1.5 Nombre de bornes de recharge du Circuit électrique au Québec au fil des années

On observe également dans la Figure 1.5 que malgré une augmentation des bornes à travers les années, le ratio entre le nombre de bornes et le nombre de VÉ en circulation au Québec diminue.

Cela suggère que le marché des VÉ progresse plus rapidement que le déploiement des bornes du Circuit électrique. Dans son Plan pour une économie verte 2030, le gouvernement du Québec déclare vouloir augmenter, en collaboration avec Hydro-Québec et les municipalités, le nombre de bornes standards publiques à 4 500 d'ici 2028 et le nombre de bornes rapides à 2 500 d'ici 2030 (Gouvernement du Québec, 2020).

À titre de comparaison, le ratio de bornes de recharge pour 1 000 VÉ immatriculés était, en 2017, de 61 en Norvège et 72 aux États-Unis, deux pays dans lesquels la majorité des ménages ont un stationnement privé. Ce ratio s'élève à 217 en Chine et à 239 aux Pays-Bas, régions où l'accès à la recharge à domicile se fait plus rare (Hardman et al., 2018). De plus, certains chercheurs développent des modèles estimant le nombre de bornes publiques nécessaires pour soutenir l'augmentation des VÉ sur les routes (Anjos et al., 2020). Par exemple, Funke, S. A. et Plötz (2017) ont utilisé des données de distances quotidiennes parcourues par des conducteurs de véhicules conventionnels allemands pour trouver que 500 000 VÉ auraient besoin de seulement 500 bornes de recharge publiques. Une autre étude, toujours en Allemagne, a conclu, à partir de données sur différents profils de conduite automobile, que 10 bornes de recharge rapides suffiraient aux besoins de 1 000 propriétaires de VÉ (Gnann et al., 2016). Ce ratio est également recommandé par une étude menée en 2014 en contexte québécois (Proulx, 2014).

Les utilisateurs des bornes de recharge publiques sont chargés en fonction du temps d'utilisation et de la puissance de recharge de la borne. À Montréal, pour une borne de niveau 2, recharger coûte généralement 1 $/heure et, plus rarement, 2,50 $/session. Pour les bornes de recharge rapides, le taux horaire est de 12,08 $/heure (alors qu'il s'élève à 17,00 $/heure en Ontario) (https://lecircuitelectrique.com/). Lorsque la borne est située dans un espace de stationnement payant, il faut payer le coût de stationnement en plus du coût de la recharge. Le Code de la route inclut également un règlement concernant les VÉ : pour utiliser un espace de stationnement réservé aux VÉ, les conducteurs doivent être branchés à la borne à défaut de recevoir une amende.

En conclusion, ce chapitre permet de fournir les contextes mondial, québécois et montréalais dans lesquels les VÉ s'ancrent. Bien que leurs ventes soient en augmentation ces dernières années au Québec et à Montréal, la proportion des VÉ dans le parc automobile privé n'atteint pas encore les 1 %. Ainsi, il importe d'améliorer le réseau de bornes de recharge publiques pour animer et soutenir

le développement des VÉ, qui nous dirigera potentiellement vers la cible de 1,5 million de VÉ fixée par le Gouvernement du Québec pour 2030.

CHAPITRE 2 REVUE CRITIQUE DE LA LITTÉRATURE

L'article du Chapitre 4 contient une revue exhaustive de la littérature sur les facteurs déterminant l'adoption des VÉ ainsi que sur la notion d'accessibilité. Puisque le but du présent chapitre n'est pas de répéter le contenu de la revue de l'article, il en fait plutôt une synthèse et assure ainsi une compréhension du cadre contextuel du mémoire. Ce chapitre est donc très bref et réfère les lecteurs à la section 4.2, où ils peuvent consulter la revue critique de la littérature dans son entièreté.

Puisque cet ouvrage analyse la possession des VÉ ainsi que l'intention d'adoption de ces derniers, il importe de bien comprendre la relation entre les deux. Les liens entre les différents concepts sont illustrés dans la Figure 2.1. D'abord, on dénote une certaine difficulté à analyser la possession réelle des VÉ en raison des faibles parts de marché actuelles. Ainsi, de nombreuses recherches se concentrent plutôt sur l'intention d'adoption de la technologie.

Les travaux de recherche présentés se basent principalement sur la théorie du comportement planifié (TCP) proposée par Ajzen (1991) et adaptée au processus d'acceptation des technologies (Huijts et al., 2012). Ainsi, dans cet ouvrage, l'adoption des VÉ est définie comme la réponse comportementale (ou l'attitude) face à la technologie, qui entraîne l'achat ou l'utilisation de cette technologie (Huijts et al., 2012; Schuitema et al., 2013) et est synonyme de possession. Il est également supposé que l'adoption des VÉ est déterminée par l'intention d'adoption des consommateurs. Cette intention est elle-même prédite par les perceptions d'une personne face à la technologie (Ajzen, 1991; Davis et al., 1989; Schuitema et al., 2013). Enfin, les perceptions peuvent être influencées par l'expérience et les connaissances de la technologie (Huijts et al., 2012; Schuitema et al., 2013), par le contexte (Kester et al., 2019) et le mode de vie et la personnalité des consommateurs (Axsen, J. et al., 2015). Logiquement, un individu aura une plus grande intention d'adopter un VÉ s'il a une perception positive face à ses attributs techniques (p. ex. sa performance), hédoniques (p. ex. s'il lui procure du plaisir) et symboliques (p. ex. s'il est conforme à son mode de vie) (Schuitema et al., 2013).

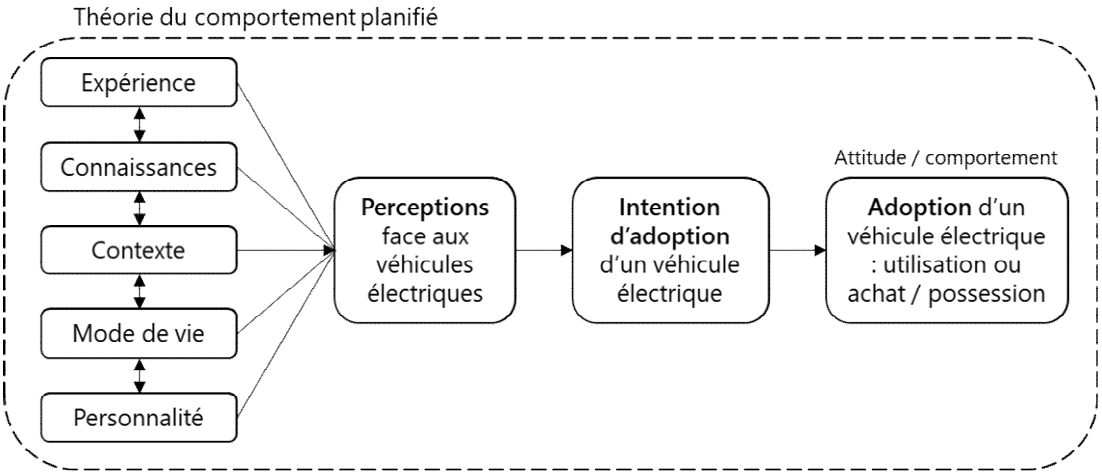

Figure 2.1 Schéma des relations entre les différents concepts de la recherche

La revue de la littérature du Chapitre 4 présente les facteurs qui influencent l'intention d'adoption des VÉ. Ces facteurs sont séparés en trois grandes catégories : les facteurs technologiques (p. ex. l'autonomie, le coût d'achat et la performance de la voiture), les facteurs individuels ou reliés au ménage (p. ex. l'âge, le revenu, la taille de ménage, habitudes de mobilité) et les facteurs contextuels (p. ex. mesures incitatives, infrastructures de recharge). En plus des mesures objectives, la présente étude mesure les facteurs technologiques et contextuels de façon subjective. Ainsi, au lieu de refléter la réalité, ces mesures reflètent plutôt les perceptions des individus quant aux caractéristiques des VÉ, aux mesures incitatives et à l'accessibilité aux bornes de recharge publiques. J'appellerai ces facteurs les variables « attitudinales. » Plusieurs recherches ont démontré que les facteurs attitudinaux avaient une plus grande influence sur l'intention d'adoption des VÉ que des facteurs plus objectifs, tels que les caractéristiques démographiques et socioéconomiques (Axsen, Jonn & Kurani, 2013; Carley et al., 2013; Moons & De Pelsmacker, 2012; Smith et al., 2017).

Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire se concentrent particulièrement sur l'accessibilité aux bornes de recharge publiques, soit un facteur contextuel. Cette accessibilité est divisée en trois mesures distinctes – objective, perçue et prospective – afin de s'aligner avec les études mettant de l'avant l'importance des perceptions dans l'adoption d'une technologie (Ajzen, 1991; Davis et al., 1989; Huijts et al., 2012; Schuitema et al., 2013) ou d'un véhicule (Axsen, Jonn & Kurani, 2012; Heffner et al., 2007; Steg, 2005).

En se concentrant sur l'île de Montréal, ce mémoire cherche à mieux comprendre la relation entre l'adoption des VÉ et les bornes de recharge publiques dans un contexte urbain. Cet accent sur les grandes villes permet de prendre en compte les nombreuses différences entre les populations urbaines et rurales ou suburbaines, notamment quant à la culture automobile et à l'accès à un stationnement privé, qui peuvent influencer leur choix modal et leur intention d'acheter un VÉ. Par exemple, plusieurs recherches ont prouvé l'influence de l'environnement bâti, généralement représenté par la densité de population, l'utilisation du sol et l'accessibilité au transport en commun (Zahabi et al., 2015), sur le choix modal des individus. Schwanen et Mokhtarian (2005) ont démontré que les résidents de régions urbaines denses choisissent leur mode de transport selon des préférences individuelles alors que les individus de quartiers suburbains se contraignent à la voiture sans égards à leurs préférences personnelles. Ce dernier constat illustre l'importance de distinguer les villes des autres régions et de prendre en considération des facteurs subjectifs lors de l'analyse de l'adoption des VÉ.

Ce chapitre a permis de présenter et de mettre en relation les notions centrales de ce mémoire, qui reposent sur la littérature existante liée à l'adoption des VÉ et le rôle des infrastructures de recharge publiques dans le marché des véhicules rechargeables. Les lecteurs sont invités à poursuivre leur lecture sur la revue de la littérature à ce sujet dans la section 4.2.

CHAPITRE 3 DÉMARCHE DU TRAVAIL DE RECHERCHE

« *Surveys show that surveys never lie*. »

- Natalie Angier, journaliste au *New York Times*

Cette section présente le processus méthodologique développé afin d'atteindre l'objectif principal de l'étude, qui est d'étudier la relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge publiques et les perceptions et l'adoption des VÉ par les Montréalais. Cette démarche a été structurée de façon à répondre aux quatre sous-objectifs définis dans l'introduction.

La méthodologie générale sur laquelle s'appuie la recherche est d'abord détaillée dans la section 3.1. La section 3.2 décrit ensuite les sources de données utilisées et particulièrement, la procédure d'acquisition de données empiriques à l'aide d'un sondage en ligne.

3.1 Méthodologie générale

La présente recherche résulte du désir de la Ville de Montréal d'améliorer son plan de déploiement de bornes de recharge publiques. Elle a débuté avec une revue de la littérature sur les facteurs ayant une influence sur la possession et l'intention d'adoption des VÉ. À la lumière des constatations tirées lors de cette revue, le besoin s'est fait sentir de centraliser la recherche sur l'accessibilité aux bornes de recharge publiques dans un contexte urbain. En effet, la relation entre les mesures objectives et subjectives d'accessibilité, les perceptions et l'adoption des VÉ n'est pas encore bien comprise au sein de la communauté scientifique, malgré l'influence prouvée des facteurs contextuels et subjectifs sur l'adoption de la technologie. Ensuite, les recherches existantes sont majoritairement menées à l'échelle mondiale, nationale ou régionale et peu d'entre elles ciblent particulièrement les zones urbaines. Ainsi, en plus de remédier à certaines lacunes dans la littérature scientifique, le projet permet de répondre aux besoins initialement émis par la Ville de Montréal. Effectivement, en analysant les perceptions des citoyens sur le réseau de recharge actuellement mis en place, il valide la capacité de ce dernier à répondre aux besoins de mobilité et aux attentes des Montréalais et permet d'identifier les améliorations les plus pertinentes et les mieux adaptées à la métropole.

À la suite de la revue de la littérature, les objectifs et la méthodologie de la recherche ont été définis. La Figure 3.1 schématise la démarche générale ayant guidé la recherche. Elle rappelle les quatre objectifs spécifiques précisés dans l'introduction et présente les principales étapes méthodologiques, sources de données utilisées et contributions du projet.

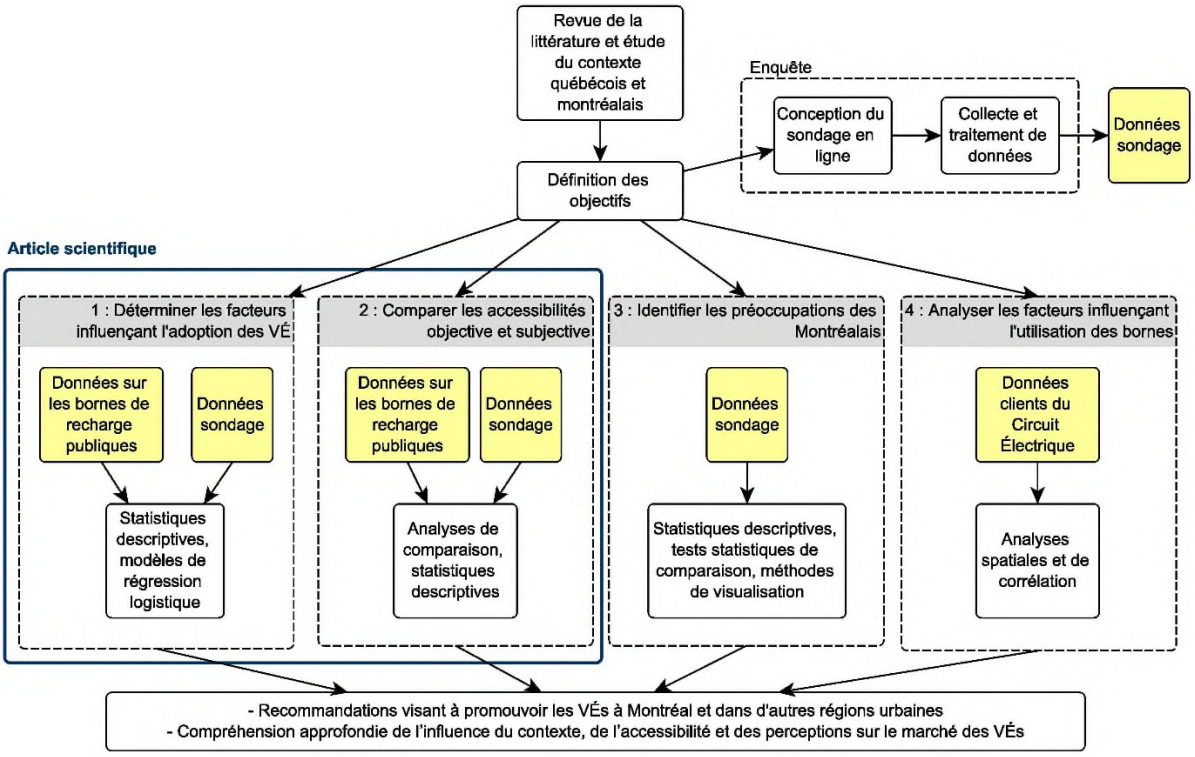

Figure 3.1 Méthodologie générale du travail de recherche (en jaune : source de données)

Pour répondre aux trois premiers objectifs (voir Figure 3.1), il fallait d'abord rassembler des données empiriques quantitatives et qualitatives sur les perceptions, les préoccupations et les attentes des résidents de l'île de Montréal au sujet des VÉ et des bornes de recharge. En effet, aucune donnée de ce genre n'était disponible pour la métropole québécoise. Il a donc été décidé de mener une enquête auprès des Montréalais par l'entremise d'un sondage en ligne. Le questionnaire de l'enquête a été conçu sur la base de la revue de la littérature et du contexte montréalais avant d'être diffusé au sein de la population montréalaise. Le processus de ces deux étapes est détaillé dans la section 3.2.1.

À partir de ces données empiriques, le **premier objectif** du mémoire, qui consiste à identifier les facteurs socioéconomiques, attitudinaux et contextuels influençant la possession et l'intention d'achat des VÉ, est abordé. Pour cela, des statistiques descriptives sont présentées et deux modèles

de régression logistique sont générés : le premier prédit la possession d'un VÉ parmi les participants du sondage qui possèdent un véhicule (tous types confondus) tandis que le deuxième détermine l'intention d'adoption d'un VÉ auprès des participants non-propriétaires d'un VÉ.

Le **deuxième objectif** de la recherche est adressé conjointement au premier et pour y parvenir, l'accessibilité aux bornes de recharge publiques est divisée en trois mesures distinctes : objective, perçue et prospective. Il importe de spécifier ici que les données recueillies par le sondage en ligne ont servi au calcul des trois mesures d'accessibilité alors que les données fournies par le Circuit électrique sur les bornes de recharge disponibles à Montréal (voir section 3.2.2 pour plus de détail sur ces données) ont permis de mesurer l'accessibilité objective. Plus de détails concernant la méthodologie suivie pour l'atteinte des deux premiers objectifs sont fournis dans la section 4.3.

Les résultats qui découlent de ces deux premiers objectifs ont été révélés sous la forme d'un article scientifique. Cet article a été présenté à la Conférence annuelle du *Transportation Research Board* (TRB) en janvier 2021. À la suite de cette conférence, l'article a été modifié selon les commentaires des pairs évaluateurs et cette deuxième version bonifiée a été soumise à la revue *Transportation Research Part D – Transport and Environment* (TRD) en mars 2021. C'est cette version qui est présentée au Chapitre 4 de ce mémoire.

De plus, puisque la méthodologie du calcul de l'accessibilité sous trois dimensions (objective, perçue et prospective) s'inspire des recherches de Sylvia Ying He et de son équipe à l'Université de technologie de Hong Kong, cette dernière a été contactée et impliquée dans la réalisation de l'article. Plus précisément, elle a fourni une rétroaction quant à la démarche d'analyse et a participé à la révision des deux versions de l'article (la version présentée à TRB et la version soumise à TRD).

Il convient également de noter que le premier objectif du mémoire fait l'objet d'un examen approfondi dans la section 5.1, qui permet d'adresser une des limites de l'article du Chapitre 4. Plus précisément, les résultats obtenus dans cette partie sont comparés selon le type de VÉ (entièrement électrique ou hybride rechargeable) des électromobilistes ayant répondu au questionnaire.

Le **troisième objectif** de la recherche repose sur des données du sondage qui n'ont pas été traitées dans l'article présenté au Chapitre 4. Ces données sont analysées à partir de statistiques

descriptives, de tests statistiques de comparaison et de méthodes de visualisation et font l'objet de la première partie du Chapitre 5.

Enfin, en effectuant des analyses spatiales et de corrélation sur des données clients fournies par Hydro-Québec (Circuit électrique), le **quatrième objectif** est abordé dans la section 5.3.

3.2 Sources de données

Trois sources de données distinctes sont utilisées dans le cadre de la recherche, comme il est illustré à la Figure 3.1. Les deux prochaines sections présentent ces données.

3.2.1 Données sondage

Dans le cadre de la présente recherche, une enquête est réalisée par le biais d'un sondage en ligne en suivant la démarche détaillée ci-dessous. Une revue de littérature a permis d'abord d'énumérer les facteurs souvent identifiés comme ayant une influence sur la possession et l'intention d'achat d'un VÉ. Cette revue sert également de guide à la conception du questionnaire et de l'outil d'enquête, plus précisément à la définition de la population cible, au choix de la méthode d'échantillonnage et au choix et à la formulation des questions.

Les critères d'inclusion des participants de l'enquête sont les suivants :

- Réside sur l'île de Montréal ;
- A 18 ans et plus ;
- Détient un permis de conduire valide.

Seuls les résidents de l'île de Montréal sont visés, car la recherche se concentre sur cette région. On se rappelle que les régions urbaines sont particulièrement ciblées en raison du défi supplémentaire auquel elles font face comparativement aux régions rurales ou suburbaines : celui de subvenir aux besoins quotidiens de recharge des conducteurs qui n'ont pas accès à un stationnement privé. Le choix de l'âge de la majorité civile s'explique par le faible taux de possession d'une automobile au sein de la population mineure et par la simplicité que cela apportait lors de la demande d'approbation éthique des travaux de recherche (voir ci-dessous). Les non-détenteurs de permis de conduire sont exclus afin de cibler des personnes susceptibles de se procurer un VÉ. Deux profils de répondants sont recherchés : i) des propriétaires de VÉ et ii) des non-propriétaires de VÉ. Des données sur ces deux groupes de répondants permettent de

comprendre les caractéristiques des propriétaires de VÉ actuels ainsi que de distinguer des différences ou des similarités par rapport à ceux qui n'ont pas encore adopté la technologie. En outre, le deuxième groupe de participants sert à modéliser l'intention d'adoption des VÉ.

Le choix d'un sondage en ligne pour réaliser la recherche repose sur les faibles coûts que ce mode d'enquête représente ainsi que sur sa rapidité et simplicité d'exécution. Bien sûr, cette méthode d'enquête présente certains désavantages, notamment celui d'une faible représentativité due à l'obligation d'être connecté à Internet pour répondre. Ce point sera abordé plus en détail dans les limites de l'étude (section 0).

Le questionnaire est conçu de façon à recueillir des données correspondant aux objectifs de l'enquête. Teintées par la revue de la littérature et le contexte de la recherche, les questions sont formulées de façon à représenter la réalité de Montréal en plus de celle de la pandémie de COVID-19. Une description des quatre sections qui le composent est fournie dans la section 4.3.2. Cependant, il convient de souligner ici que le sondage fait l'utilisation de l'échelle de Likert, outil qui permet de mesurer les perceptions d'individus à l'aide de déclarations auxquelles ils doivent exprimer leur degré d'accord ou de désaccord. L'échelle de Likert utilisée dans le questionnaire présente cinq niveaux (totalement en désaccord, en désaccord, ni d'accord ni en désaccord, d'accord, totalement d'accord) en plus d'une option « Je ne sais pas, » qui a été ajoutée en raison du caractère technique de certaines affirmations. Lors du traitement des résultats, cette option est traitée comme une réponse neutre, soit l'équivalent de « ni d'accord ni en désaccord. » La version française du sondage est jointe en Annexe A.

L'outil Poly-Opinion, qui est une adaptation de LimeSurvey et qui est disponible gratuitement pour tous les étudiants de Polytechnique Montréal, a été utilisé comme plateforme de partage du sondage.

Avant de partager le questionnaire de façon officielle, ce dernier devait faire l'objet d'une demande d'approbation éthique auprès du Comité d'éthique de la recherche (CÉR) de Polytechnique Montréal. En effet, puisqu'une enquête implique des sujets humains, elle s'inscrit dans une démarche éthique et est soumise à certaines exigences. Dans le cadre de cette demande, un formulaire d'information et d'obtention d'un consentement est rédigé. Ce formulaire était disponible pour tous les répondants du sondage et avait pour but de leur fournir des explications sur les implications de leur participation.

Une fois la recherche approuvée par le CÉR, une enquête pilote a été menée auprès de quelques étudiants en génie du transport à Polytechnique Montréal et auprès de contacts de l'équipe de recherche n'ayant pas de connaissances préalables en transport. Cela a permis de vérifier que les questions étaient faciles à comprendre et qu'elles présentaient toutes les options de réponse possibles.

Le sondage a été diffusé par l'équipe de recherche sur les réseaux sociaux (Facebook, Twitter et LinkedIn) et partagé par courriel à des listes de diffusion regroupant des courriels d'étudiants et d'enseignants de Polytechnique Montréal. Pour recueillir assez de participants possédant un VÉ, le sondage a été publié sur des groupes Facebook ayant comme thème l'électromobilité. En parallèle, nous avons fait appel aux services de l'entreprise Potloc. Leur mandat était de diffuser le sondage selon leur technologie de sondage (à partir de publicités sur les réseaux sociaux) afin de recueillir 400 réponses valides. Pour cela, le lien du questionnaire sur Poly-Opinion leur a été fourni et ils l'ont inséré dans leurs publicités. Leur collaboration a permis d'atteindre un nombre de réponses jugé assez élevé.

Après deux mois et 944 réponses recueillies, le sondage a été fermé et les données ont été traitées. Comme il est mentionné dans l'article du Chapitre 4, les réponses des participants qui ne respectaient pas les conditions de l'enquête ont été retirées de la recherche. Ce nettoyage de données a généré 642 réponses valides. La figure ci-dessous résume ces données selon leur source (données collectées via le partage du questionnaire par l'équipe de recherche ou données recueillies par la stratégie de diffusion via des publicités de l'entreprise Potloc) et leur validité.

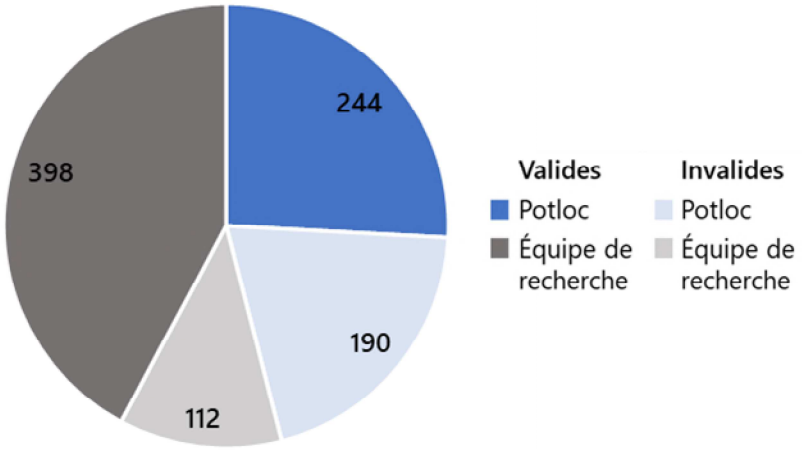

Figure 3.2 Nombre de réponses obtenues selon leur source et leur validité

3.2.2 Données du Circuit électrique

Des données appartenant au Circuit électrique ont été utilisées pour soutenir la présente recherche. Ces dernières sont privées et ne sont donc pas disponibles sous format ouvert. Deux bases de données distinctes ont été formées selon la manière dont les données ont été obtenues.

La première base de données a été extraite du site Web du Circuit électrique à la suite de la permission de ce dernier. Elle contient des détails techniques (type de courant, puissance délivrée, prix de recharge) et des informations quant à la localisation des bornes de recharge publiques situées sur l'île de Montréal en date du 12 février 2020. Les bornes de ce premier ensemble de données sont de niveau 2 ou rapides (il est très rare que des bornes de niveau 1 soient mises à disposition dans des endroits publics) et sont situées en bordure de rue, dans les stationnements municipaux, institutionnels ou de commerces (restaurants, centres commerciaux, institutions financières, etc.) ou dans les stations-service. Seules les bornes appartenant aux réseaux du Circuit électrique et FLO sont considérées dans l'étude, étant donné le nombre peu élevé de super-chargeurs Tesla sur l'île de Montréal et un manque d'informations sur ces derniers.

Un deuxième ensemble de données a été directement transmis par la Division Électrification des Transports d'Hydro-Québec. Il convient de rappeler qu'Hydro-Québec est à l'origine du Circuit électrique, ce qui explique le lien entre la société d'État et ces données. Ce jeu de données concerne les électromobilistes inscrits au Circuit électrique en date du 16 juin 2020 et depuis le 21 mars 2012. Il informe sur le nombre de fois que chaque client a utilisé une borne du Circuit électrique sur l'île de Montréal entre le mois de janvier 2017 et mai 2020 inclusivement. Des détails sont disponibles quant à l'heure à laquelle le véhicule s'est branché à une borne et l'heure à laquelle il s'est débranché. Outre ces renseignements sur l'utilisation, la base de données inclut le code postal du domicile de chaque client, la date de création de leur compte au Circuit électrique ainsi que la marque, le modèle, l'année et l'autonomie moyenne de leur VÉ. Les codes postaux permettent de créer un sous-ensemble de données qui n'incluent que les clients résidant sur l'île de Montréal (dont le code postal commence par « H2 »). C'est ce sous-groupe de données qui sera utilisé pour l'analyse préliminaire de la section 5.3.

CHAPITRE 4 ARTICLE 1 : POWERING THE TRANSITION: PUBLIC CHARGING STATIONS AND ELECTRIC VEHICLE ADOPTION

Penelope Renaud-Blondeau
Department of Mathematics and Industrial Engineering
Polytechnique Montreal, Montreal, Quebec, Canada, H3T 1J4
Email: penelope.renaud-blondeau@polymtl.ca

Genevieve Boisjoly*
Department of Mathematics and Industrial Engineering
Polytechnique Montreal
2500 Chemin de Polytechnique, Montreal, Quebec, Canada, H3T 1J4
Email: gboisjoly@polymtl.ca

Hanane Dagdougui
Department of Mathematics and Industrial Engineering
Polytechnique Montreal, Montreal, Quebec, Canada, H3T 1J4
Email: hanane.dagdougui@polymtl.ca

Sylvia Y. He
Department of Geography and Resource Management
The Chinese University of Hong Kong
Shatin, N.T., Hong Kong
Email: sylviahe@cuhk.edu.hk

Abstract

Using data from a survey (n = 642) across Montreal Island, this work investigates the influence of public charging infrastructure accessibility on electric vehicles (EV) adoption in an urban context. Three measures of accessibility are analyzed: 1) objective (number of charging stations near home), 2) perceived (perceptions about the current public charging network), and 3) prospective (expectations on the public charging network in 5 years). The findings reveal that perceived accessibility is associated with EV ownership, while prospective accessibility is associated with EV purchase intention. We find that non-EV owners underestimate their accessibility to public chargers. Results confirm the positive and significant impact of environmental awareness, social circle EV purchases, and interest in new technologies on EV purchase intention, as well as the importance of EV range and performance.

Keywords: electric vehicle (EV), accessibility, charging stations, perception, urban network

4.1 Introduction

In recent years, governments and public authorities around the world have made continuous efforts to implement a wide range of policies to increase the market position of electric vehicles (EVs) and reduce greenhouse gas emissions from the transportation sector. In the Canadian province of Quebec, transportation is the most polluting sector: as of 2018, it emitted 43% of the total GHG. This is primarily due to the fact that 97.6% of the energy it consumes comes from fossil fuels, but also because of the increase of Quebec's automobile fleet and the growing popularity of light trucks (sport-utility vehicles or SUVs, minivans, and vans) (Whitmore & Pineau, 2020). EVs include both battery-electric vehicles (BEV), 100% powered by electricity, and plug-in hybrid electric vehicles (PHEV), a development of hybrid electric vehicles (HEV) that allows charging the battery from the electrical grid.

Although EVs do not address the issues of automobile dependency, urban sprawl, or traffic congestion, they can still contribute to improving air quality and reducing GHG emissions. In addition, Quebec's energy context is highly favourable to the electrification of its car fleet, as 95% of the electricity is generated from hydraulic resources, which is renewable and affordable (Régie de l'énergie du Canada, 2018). In this context, EVs represent a better environmental choice than conventional vehicles (CV) after an average travelled distance between 29,000 km and 85,300 km (CIRAIG, 2016). Thus, an individual driving 7,000 km annually, which is the average annual mileage of people living on the island of Montreal (Winkelman et al., 2019), would find that balance in 4 to 12 years if he does not change his battery along the way, which has an approximate lifespan of 10 years (CIRAIG, 2016). With several government incentives, Quebec has managed to establish the top EV market in the country: 48% of the country's EVs circulate in the province (Electric Mobility Canada, 2019). According to AVÉQ (2020), 6.2% of vehicles sold in 2019 were electric, while 0.8% of the car fleet was electric, proving that there are still important hurdles to overcome before a mass penetration of EVs.

Extensive research has been conducted in recent years to understand the factors that significantly influence the adoption of EVs. While these studies have largely focused on EV features and socioeconomic characteristics, perceptions, lifestyle, and habits of consumers, few of them have analyzed in depth the influence of public charging infrastructure on EV adoption. Most of the studies that have included public charging stations in their analysis were carried out on national or

regional scales and thus, did not consider the different parking and charging needs of rural, sub-urban, and urban households. There is therefore a need for an in-depth analysis of the relationship between accessibility to public charging infrastructure and EV adoption in an urban context.

The objective of this study is to identify how accessibility to EV charging facilities in Montreal affects urban individuals' intention to adopt EVs, while controlling for individual, household, and attitudinal components. This is done using survey data collected from a convenience sample of 642 licensed drivers living on the island of Montreal. Building on recent work (He, S. et al., 2020), accessibility is divided into objective, perceived, and prospective accessibility. The contribution of this work is threefold: (1) by addressing three types of accessibility, it provides a more comprehensive understanding of the potential role of public charger in EV adoption; (2) by taking the island of Montreal as a case study, the research considers differences between urban and sub-urban populations (the island being characterized by central, high-density neighborhoods, as well as suburban low-density areas), especially with respect to the car culture and private parking access, which can influence modal choice and the intention to buy an EV; (3) the findings highlight the importance of perceptions in the adoption of EVs, as well as the factors underlying these perceptions. Altogether, by supporting researchers and cities wishing to foster the electrification of vehicle fleets, this work contributes to global efforts to reduce greenhouse gases emissions of the transportation sector.

This paper is constructed as follows. The following section provides background on accessibility and factors influencing the ownership and intent to purchase EVs. The study context and survey design are detailed in the methodology section. The results section presents the findings of the survey and the models' estimations. The paper ends with a policy discussion based on the obtained results and concludes on the outcomes of the research.

4.2 Literature review

4.2.1 Objective and subjective factors behind EV adoption

Extensive research has been conducted in recent years to understand the factors that significantly influence an individual's intent to purchase an EV and to accelerate their mass market adoption. Two major research streams are present in the literature: the first one focuses on objective characteristics, while the second one concentrates on subjective factors.

Models based on objective elements focus on identifying factors that impact the purchase decision, considering a rational choice process (Axsen, Jonn et al., 2016; Dumortier et al., 2015; Ferguson et al., 2018; Plötz et al., 2014). These studies use primarily market segmentation to identify different socioeconomic profiles based on technology adoption phases, often characterized as "pioneers", "early adopter", "early majority", and "late majority". Since the global EV market is not fully launched, the profiles that received the most attention were those of "pioneers" and "early adopters". Individuals in these groups were characterized as young to middle-aged males with a high degree of education, a high annual income and living in suburban areas (AVÉQ, 2019; Axsen, Jonn et al., 2016; Carley et al., 2013; Mohamed et al., 2016; Plötz et al., 2014). These studies also investigated which technological features consumers were looking for when purchasing a new vehicle. Often, these preferences were evaluated in terms of willingness-to-pay.

On the other hand, models focusing on subjective aspects are governed by behavioural theories, such as the Theory of Planned Behaviour, and relate the EV adoption intention to individuals' perceptions and attitudes. In such models, the focus is on "attitudinal factors" (i.e. perceptions, lifestyle, habits), rather than technical "preferences" (Axsen, J. et al., 2015; Carley et al., 2013; Mohamed et al., 2016; Moons & De Pelsmacker, 2012; Schuitema et al., 2013). Attitudes were found to exceed demographic and socioeconomic factors in subjective models predicting EV adoption (Moons & De Pelsmacker, 2012; Smith et al., 2017).

Figure 4.1 summarizes and categorizes the factors that influence public EV intention adoption, as found in both types of studies. The factors considered in this paper are highlighted in bold. It is worth mentioning that some of these factors can be measured objectively or based on perceptions (e.g. actual driving range of vehicles versus "I think that EV driving range is sufficient.").

The first category includes technological factors. When purchasing a vehicle, its characteristics, such as design, size, comfort, safety, energy efficiency and carbon emissions, are key elements consumers take into account (Abotalebi et al., 2018; Axsen, Jonn et al., 2016; Carley et al., 2013; Jensen et al., 2013; Lieven et al., 2011; Lin, B. Q. & Wu, 2018; Mohamed et al., 2018). Several studies concluded that the driving range, purchase cost and charging time of EVs were major barriers for future buyers (Carley et al., 2013; Lieven et al., 2011; Lin, B. Q. & Wu, 2018). However, consumers often overestimate their daily range needs (Franke & Krems, 2013), making the EV transition more difficult. Yet, this "range anxiety" was found to be a behaviour particularly

of non-EV owners and to decrease with EV experience (Bunce et al., 2014; Franke & Krems, 2013). Individuals owning a CV and using it often were found to be less likely to consider adopting EVs and tend to criticize their performance and maximum range (Skippon & Garwood, 2011). Usage costs (electricity, maintenance) would enhance EV adoption as they are lower than those of a CV (Axsen, J. et al., 2015; Carley et al., 2013; Dumortier et al., 2015; Mohamed et al., 2016), but most people seem unable to assess the actual usage costs and underestimate the potential annual savings (Dumortier et al., 2015; Krause et al., 2013).

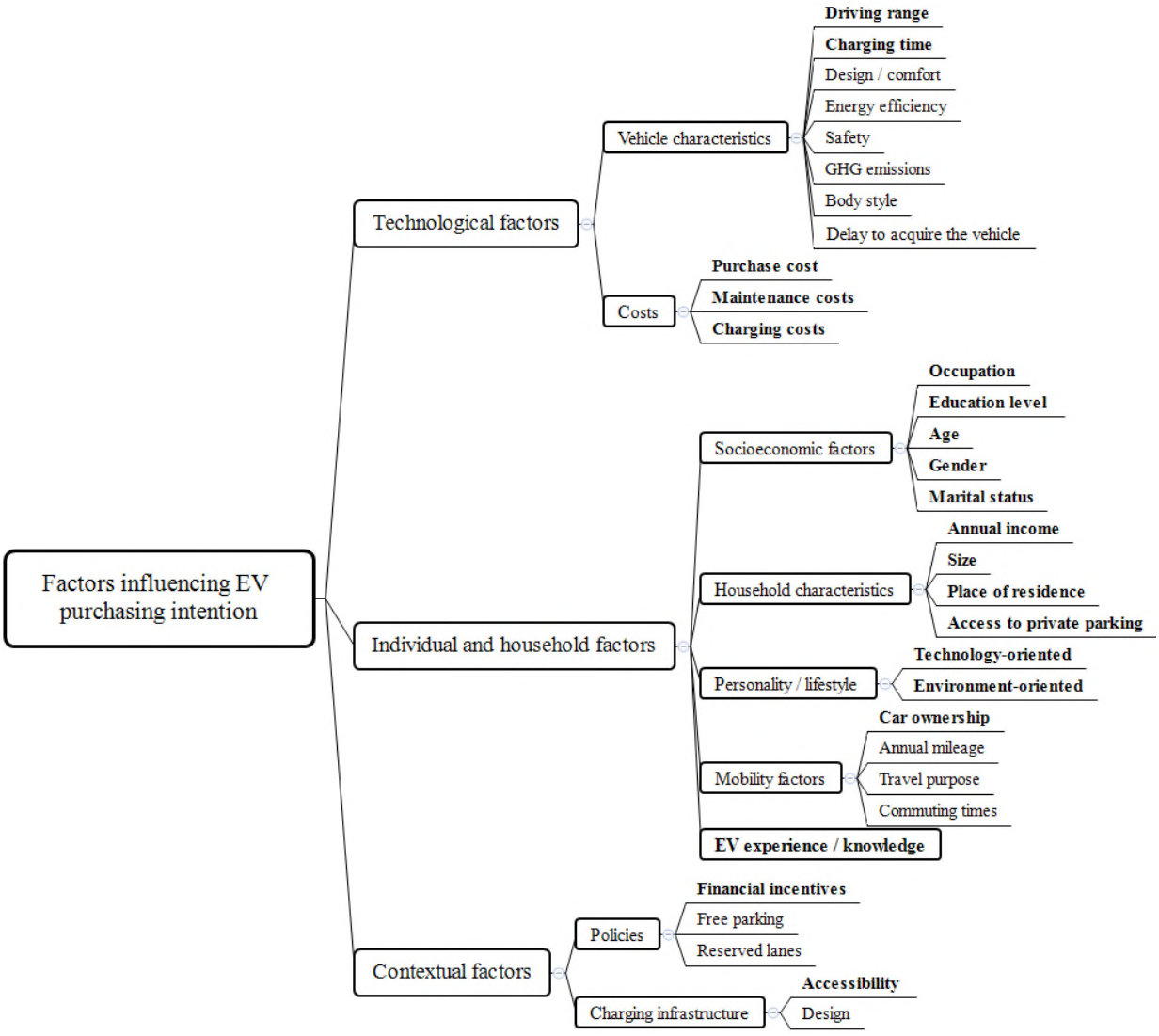

Figure 4.1 Factors influencing EV adoption intention

As mentioned above, individual and household variables, such as age, gender, education, income, household size, occupation, marital status, and mobility habits were shown to have an impact on

EV purchase (Axsen, J. et al., 2015; Ferguson et al., 2018; He, S. Y. et al., 2016; Lieven et al., 2011; Lin, B. Q. & Wu, 2018; Mohamed et al., 2016; Plötz et al., 2014). Researchers also concluded that the attitudinal variables of "environmental awareness" and "interest in new technologies" positively influenced perceptions of EVs and enhanced interest in EV purchase (Axsen, Jonn et al., 2016; Carley et al., 2013; Jensen et al., 2013; Kormos et al., 2019; Lin, B. Q. & Wu, 2018; Moons & De Pelsmacker, 2012; Plötz et al., 2014; Schuitema et al., 2013; Skippon & Garwood, 2011). Several studies also proposed that interpersonal influences and prior experience as an EV driver or passenger have a positive impact on EV adoption intention (Axsen, Jonn et al., 2016; He, S. et al., 2020; Lin, B. Q. & Wu, 2018; Thøgersen & Ebsen, 2019).

Contextual factors also play an essential role in accelerating the market of EVs. Not surprisingly, numerous studies have concluded that purchase subsidies significantly enhance EV adoption (Ferguson et al., 2018; Kormos et al., 2019; Lin, B. Q. & Wu, 2018; Sierzchula et al., 2014; Wee et al., 2018), especially for consumers in a less advanced state-of-change to EV adoption (Langbroek et al., 2016). While some research demonstrated that access to reserved lanes and free parking had a positive impact on consumer adoption (Langbroek et al., 2016; Sheldon & DeShazo, 2017), others did not find them statistically significant (Mersky et al., 2016). Furthermore, it was found that large cities are associated with lower EV adoption rates than their surrounding rural and sub-urban areas due to low car ownership among urban populations and too low average mileage to be cost-effective (Plötz et al., 2014). In dense urban areas, such as metropolitan regions in China or in the Netherlands, most households park their vehicles in the street or in public car parks and therefore rely on public infrastructure for their charging needs (Funke, S. Á. et al., 2019; Hardman et al., 2018; He, S. et al., 2020; He, S. Y. et al., 2016). Given these points, understanding the context of each study is crucial, as country-specific differences, in addition to urban-rural differences, lead to distinct public charging needs.

Partly due to these contextual differences, literature has not yet agreed on the role of charging infrastructure in EV penetration. A number of studies have found that the presence, the awareness and the positive perception of public charging stations are significant determinants of EV adoption intention and sales (Achtnicht et al., 2012; Carley et al., 2013; Carroll, 2011; Globisch et al., 2019; Hackbarth & Madlener, 2013; Jensen et al., 2013; Mersky et al., 2016; Sierzchula et al., 2014). Bailey et al. (2015) specifically found that Canadians who had seen a charging station in their community were 9% more interested in EVs than their counterpart. Further, the availability and

awareness of public charging infrastructure was found to reduce range anxiety and to give confidence to EV owners to drive longer and further away (Axsen, J. et al., 2015; Axsen, Jonn & Kurani, 2013; Bakker, 2011; Dong et al., 2014; Hardman et al., 2018; Lin, Z. H. & Greene, 2011; Neubauer & Wood, 2014; Nicholas, M. A. et al., 2017; Plötz et al., 2014; Tal, G. et al., 2014). A study conducted in Japan by the Tokyo Electric Power Company also showed that although the addition of a public charger did not guarantee its use by EV owners, it led to an increase in their cumulative driving mileage (Bakker, 2011). In contrast, other studies have identified a weak or negligible relationship between the public charging network and the EV market (Axsen, J. et al., 2015; Axsen, Jonn et al., 2018; Kormos et al., 2019; Lin, B. Q. & Wu, 2018; Lin, Z. H. & Greene, 2011; Miele et al., 2020; Silvia & Krause, 2016). This latter remark is mainly attributed to the preference of EV owners for residential charging, especially in North America (AVÉQ, 2020; Bailey et al., 2015; Bunce et al., 2014; Funke, S. Á. et al., 2019; Hardman et al., 2018; Morrissey et al., 2016; Nicholas, M. A. et al., 2017; Plötz et al., 2014; Skippon & Garwood, 2011). For instance, when Bailey et al. (2015) added other exploratory factors to their analysis, such as the availability of home charging infrastructure, the relationship between public charging awareness and interest in EVs weakens or becomes insignificant.

These previous studies analyzed the impact of public charging infrastructure on EV adoption intention, yet few of them were conducted on a city-wide level or explored the influence of both objective and subjective components of accessibility. Considering that in large cities like Montreal, a lot of households have only the street to park on, understanding how accessibility to public charging stations influence purchase intention is essential for policymakers, as it can shed light on strategies targeting no-parking households. Furthermore, deploying the public charging network is costly and time-consuming and a good understanding of how objective, perceived, and prospective accessibility influence the EV market could help stakeholders to achieve a more efficient use of public resources and to adopt urban-specific suitable EV policies.

Given the different roles that play objective and attitudinal components in EV ownership and adoption intention, the present study incorporates them both and therefore, aligns with the two main research streams previously presented.

4.2.2 Accessibility measures

Accessibility, understood here as "the ease of accessing various activities from a specific origin" (Geurs & van Wee, 2004), can be divided between objective and subjective accessibility: while objective accessibility reflects the spatial distribution of transportation systems and destinations, subjective measures are based on individuals' interests and capacities (Curl et al., 2011; Lättman et al., 2018). Combining both measures allows a more complete analysis of accessibility, as subjective measures capture elements that objective ones cannot and are often more closely associated with individuals' behaviour (Curl et al., 2011; Geurs & van Wee, 2004; van Wee, 2016).

Building on He, S. et al. (2020), subjective accessibility is divided into two different concepts: perceived accessibility and prospective accessibility. Perceived accessibility measures the perceptions of individuals on how easy it is to access activities or destinations and can be influenced by interests, personality, culture, and context (Lättman et al., 2018). Prospective accessibility quantifies the expectations of individuals on the ease of accessing activities or destinations in upcoming years. Although measuring subjective accessibility is still a major challenge faced by researchers (van Wee, 2016), various researchers have developed methodologies to assess individuals' perceptions of accessibility (Lättman et al., 2016; Lin, B. Q. & Wu, 2018). The most common approach is to survey respondents about their satisfaction with the perceived potential of opportunities using 5- or 7-point Likert scale questions.

Altogether, the previous review allows an understanding of how the present study fits into the current literature on the purchase intention of EVs and how it seeks to improve it. By addressing three types of accessibility, this paper seeks to investigate the impact of access to public charging stations on urban individuals' EV adoption intention in a more comprehensive manner.

4.3 Methods and data collection

4.3.1 Study context

The Island of Montreal, located in the southeastern part of Canada, has a total land area of 498 km^2 and includes the City of Montreal as well as 19 smaller municipalities, with a population of 2 million inhabitants in 2019 (Institut de la statistique Québec, 2020).

In its 2015-2020 Transportation Electrification Action Plan, the Quebec government planned to register 100,000 EVs in 2020 (Gouvernement du Québec, 2015). As of March 1, 2020, 69,000 EVs were recorded: much less than the 2020 target[12]. Nonetheless, the evolution of sales between 2018 and 2019 of these vehicles in recent years is continuously growing (56% between 2018 and 2019) and in 2020, the percentage of EVs in the total car sales in Quebec was 6.2% (AVÉQ, 2020). In its 2030 Plan for a Green Economy, the goal is now 1,5 million of EVs on the road by 2030 (Gouvernement du Québec, 2020).

To achieve this, Quebec government has developed several strategies including the "Run Green" program, which offers subsidies for the purchase or lease (up to CAN$8,000) and for residential chargers (up to CAN$600). The zero-emission vehicle (ZEV) standard requires car manufacturers to launch a broad range of EVs on the market. Furthermore, EV drivers have several benefits that come along their green licence plate, such as reserved lanes and free access to the toll bridges around the Island of Montreal. Hydro-Quebec, the electricity supplier in Quebec, plans to invest up to CAD 130 million to improve the public network of charging infrastructure, the "Electric Circuit", to meet the growing needs of drivers (CCMM & Propulsion Québec, 2019). As such, the plan is to deploy 4,500 240V charging stations and 2,500 fast-charge stations throughout Quebec by 2030 (Gouvernement du Québec, 2020).

In March 2020, 1,128 public charging stations were available on the Island of Montreal (Figure 4.2) and 7,829 EVs were registered (AVÉQ, 2020). These charging stations are typically installed on the streets, in municipal, institutional, or commercial parking lots, or in gas stations. Two types of public chargers are used in Montreal: standard 240V charging stations (level 2) and fast-charge stations (level 3), which have a useful power of 50 kW. Two superchargers sites and 19 destination chargers are available on the Island but were not considered in this study given that they can only be used by Tesla owners. Figure 4.2 depicts individual or grouped charging stations on the Island of Montreal, which are mostly located in the central neighbourhoods of Montreal. Twenty fast-charging stations are available on the Island of Montreal, mainly in industrial areas. They are often grouped and rarely available in residential neighbourhoods outside the central areas.

[12] This data was collected before the start of the COVID-19 pandemic in Quebec.

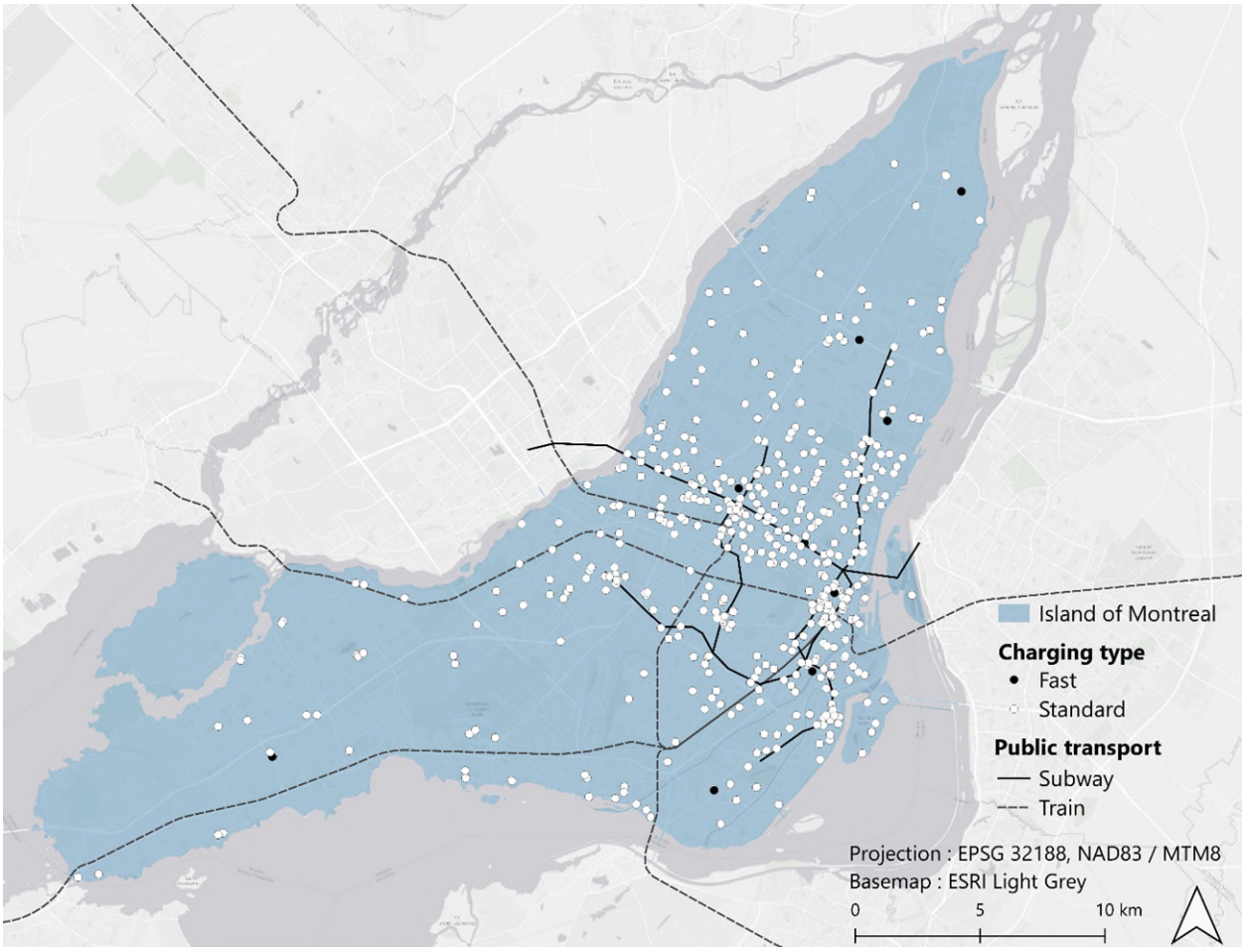

Figure 4.2 Actual state of charging facilities in Montreal

4.3.2 Survey design

An online survey was designed to collect data related to the ownership and purchase intention of EVs in Montreal. The target population for the survey was adults (18 years old or older) with a valid driver's license living on the island of Montreal. Citizens without a valid driver's license were excluded to target people who are likely to buy an EV.

The four-section survey was structured as follows: Section 1 collected information on respondents' mobility habits and on their experience with EVs. Section 2 included Likert-scale statements about attitudinal factors that may affect the possession and intent to purchase an EV. Section 3 aimed to capture respondents' subjective accessibility with a series of 5-class Likert scale questions. Finally, Section 4 collected socioeconomic data as well as the respondents' place of residence and workplace.

The survey was first launched by the research team on several social networks (Twitter, Facebook, and LinkedIn) and shared through personal contacts and local university connections and email lists. A consumer research company (Potloc) was also mandated to recruit answers through social networks ads (Facebook, Instagram, and LinkedIn).

A total of 944 questionnaires were obtained from May 7th to June 23, 2020. After excluding addresses outside Montreal and respondents under the age of 18, the sample contained 642 valid and complete surveys (100 EV owners, 345 CV owners, 21 HEV owners, and 176 non-car owners).

4.3.3 Accessibility measures

In this research, objective accessibility is measured using a cumulative-opportunity location-based indicator and defined as "the number of charging stations available within a certain distance from a specific location". This type of indicator, which is the most commonly used in research and practice, was selected given its ease of interpretation and communication (Geurs & van Wee, 2004). Research has also shown that such measures are highly correlated with gravity-based measures, which are more closely related to travel behavior from a theoretical perspective (Boisjoly & El-Geneidy, 2016; El-Geneidy & Levinson, 2006).

Accessibility A_i from an origin i to a destination j is calculated from Equations 1 and 2 below:

$$A_i = \sum_j O_j * f(C_{ij}) \tag{1}$$

$$f(C_{ij}) = \begin{cases} 0 \text{ if } O_j = 0 \\ 1 \text{ if } O_j > 0 \end{cases} \tag{2}$$

where O_j is the number of charging stations at point j, and C_{ij} is the cost of moving from i to j. Measurements were made at 500 m, 1,000 m, and 1,500 m. The starting point of the measurements is the survey respondents' place of residence (pinned on a map by the respondents). The street network is used to calculate the objective accessibility. It is important to note that this network excludes certain pedestrian routes, such as green spaces and bike paths.

To measure subjective accessibility, we asked survey participants 5 Likert-scale questions with respect to their perceived accessibility (current situation) and prospective accessibility (situation in 5 years), inspired from previous work (He, S. et al., 2020). These statements are summarized in Table 4.1.

Table 4.1 Measurement of perceived and prospective accessibility

Perceived accessibility
There are not enough charging stations in the streets around my place of residence.
There are not enough charging stations in the streets around my workplace / school.
There is at least one charging station within 500 m of my home.
Montreal curbside charging stations are hard to find.
Prospective accessibility
I expect that there will be enough public charging facilities in Montreal in the next five years.

4.3.4 Modelling approach

This study uses logistic regressions to analyze how individual characteristics, household characteristics, objective accessibility, subjective accessibility (perceived and prospective), and attitudinal factors influence EV ownership and EV purchasing intention. Two models are constructed:

Model 1 models EV ownership (yes or no) within the car owners' sample. Gender, marital status, age, and income are dummy variables. The variable "number of days using the car" is included. The Likert-scale attitudinal questions were also converted into dummy variables with 1 representing the "Strongly agree" and "Agree" levels.

Model 2 calculates EV adoption intention for non-EV owners (CV or HEV owners and non-car owners). The dependent variable comes from the Likert-scale question, "The next car I will purchase will be an electric car." and has been transformed to a dummy variable with 1 being "Strongly agree" or "Agree" levels. The dummy variables "car ownership" and "EV experience" were added (having experienced EVs "Often" or "Sometimes" as a driver or a passenger coded) and the variable "number of days using the car" was removed, as it was strongly correlated to the new variable "car ownership".

Pearson's correlation coefficients *r* were calculated to assess multicollinearity, which can lead to unstable and unreliable regression results. In addition to testing multicollinearity, as stepwise approach was used to assess the contribution of various variables and their effect on the stability of the models. Household size, population density and perceptions about government subsidies were tested, but removed as they did not increase the models' performance and were not significant.

Note that both models remain stable after removing these variables. Similarly, for perceived accessibility, one measure only was included in the models. Education level was not considered in the models due to its high collinearity with the variable “income”. Lastly, the models were tested with the three thresholds used for measuring objective accessibility. As models were consistent with all sets of variables and since the 500 m measures yielded the best models, the results section only includes these values.

Modelling both the EV ownership and adoption intention allows us to inspect the differences between the factors influencing the “early adopters” (those who already have an EV) and the ones influencing the “early majority” (those who intend to buy an EV in the coming years). As we will discuss in the result sections, there are important discrepancies between the two.

4.4 Results and discussion

4.4.1 Sample description

Figure 4.3 depicts survey respondents’ place of residence. Most participants live near the centre of the Island of Montreal and most inhabitants of the East or West of the Island own a car. The mean population density of the three groups confirms that non-car owners (12,000 people/km^2) live in denser places than CV and HEV owners (10,000 people/km^2) or EV owners (7,000 people/km^2). EV owners seem to be distributed fairly evenly across the Island. Figure 4.3 also includes a heat map based on the location of Montreal’s charging facilities (Figure 4.2): the darker the areas, the more charging stations are available. No significant relationship is noticed between EV owners’ residence and electric charging infrastructure.

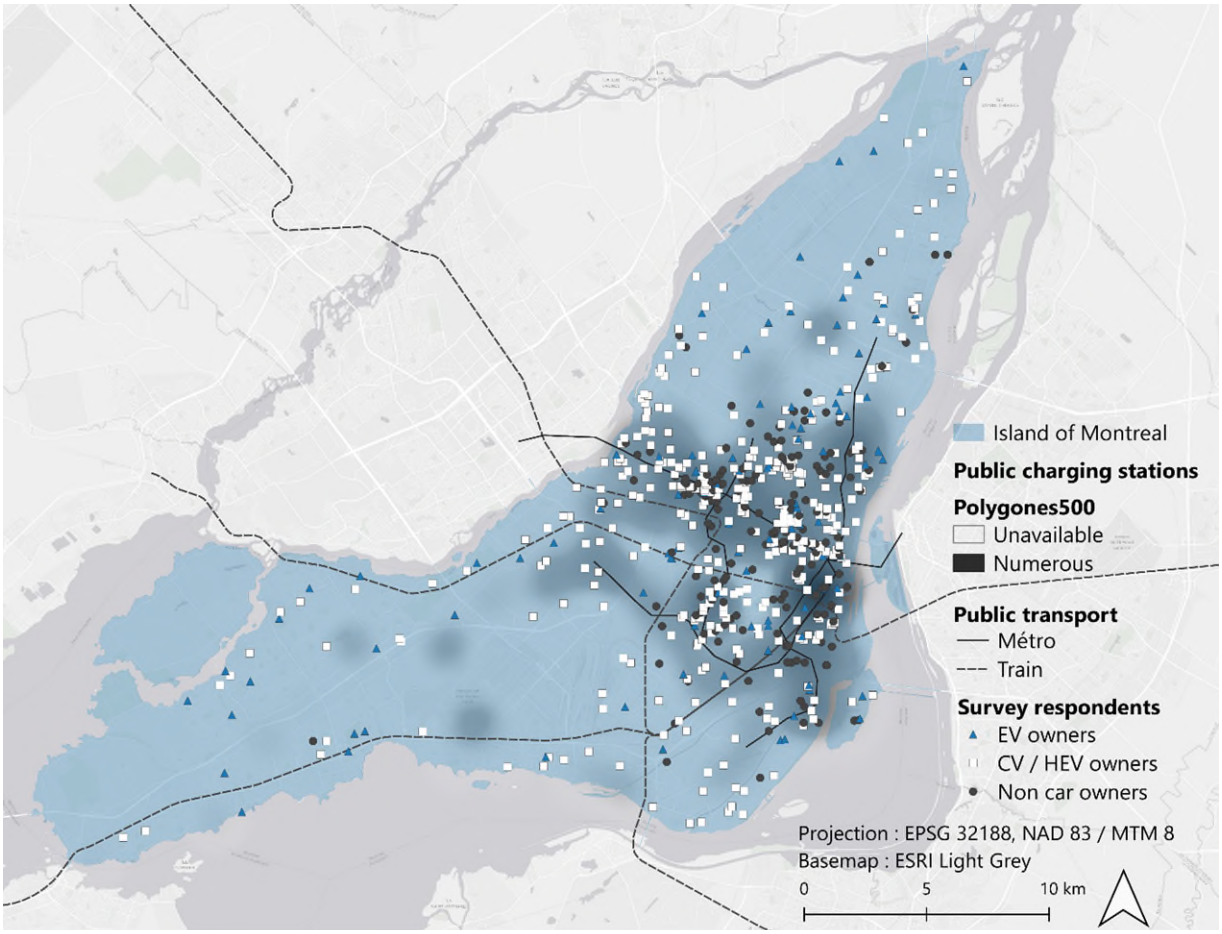

Figure 4.3 Survey respondents' place of residence

4.4.2 Demographic characteristics

Key demographic and socioeconomic characteristics of the respondents as a share of the total sampled population are highlighted in Table 4.2. The table compares the sample's characteristics to Montreal 2016 census (Statistiques Canada, 2017). Among the 366 owners of non-electric vehicles, 21 own a HEV while the remaining respondents own a gasoline or diesel engined vehicle.

Table 4.2 Summary demographics

Sample attributes		All (N = 642)	EV owners (N = 100)	CV / HEV owners (N = 366)	Non-car owners (N = 176)	Montreal 2016 census
Gender	Male	54.3%	76.5%	53.1%	43.8%	48.7%
	Female	43.6%	22.6%	44.2%	54.5%	51.3%
	Other	2.2%	1.0%	2.7%	1.7%	0.0%

Table 4.2 Summary demographics (suite)

Sample attributes	All (N = 642)	EV owners (N = 100)	CV / HEV owners (N = 366)	Non-car owners (N = 176)	Montreal 2016 census	Sample attributes
Occupation	Full-time employee	61.7%	79.4%	61.5%	51.7%	N/A
	Part-time employee	5.7%	2.9%	5.7%	7.4%	N/A
	Student	11.3%	2.9%	7.9%	23.3%	N/A
	At home / unemployed	4.2%	1.0%	3.8%	6.8%	N/A
	Retired	13.8%	10.8%	17.3%	8.0%	N/A
	Other	3.4%	2.0%	3.8%	2.8%	N/A
Marital status	Married	27.7%	42.2%	30.9%	12.5%	33.3%
	In a relationship	36.5%	44.1%	34.4%	36.4%	14.4%
	Single	35.4%	13.7%	34.7%	51.1%	52.4%
Car owner	Owner	72.8%	100.0%	100.0%	0.0%	N/A
Private parking at home		58.4%	83.3%	63.7%	33.0%	N/A
Education level	High school or lower	9.5%	5.9%	11.7%	6.3%	38.2%
	College diploma	21.5%	20.6%	24.4%	16.5%	16.1%
	Bachelor's degree	30.6%	38.2%	27.9%	31.8%	18.3%
	Graduate degree	38.5%	35.3%	36.0%	45.5%	13.0%
Age	18 - 24	7.3%	2.9%	5.2%	14.2%	9.4%
	25 - 34	19.5%	12.8%	15.2%	32.4%	15.7%
	35 - 44	20.6%	21.6%	21.7%	17.6%	14.2%
	45 - 54	21.0%	23.5%	22.5%	16.5%	13.3%
	55 - 64	19.7%	28.4%	20.1%	10.2%	12.2%
	≥ 65	13.0%	10.8%	15.5%	9.1%	16.7%
Household annual income (CAD)	< 20,000	5.6%	0.0%	2.2%	15.9%	16.8%
	20,000 - 40,000	8.2%	1.0%	8.4%	11.9%	22.4%
	40,000 - 60,000	12.8%	5.9%	13.6%	15.3%	19.7%
	60,000 - 80,000	13.6%	13.7%	13.0%	14.8%	13.5%
	80,000 - 100,000	12.4%	8.8%	14.6%	9.7%	8.9%
	100,000 - 120,000	11.6%	16.7%	12.2%	7.4%	6.9%
	≥ 120,000	25.3%	44.1%	24.4%	16.5%	11.9%
	Prefer not to answer	10.5%	9.8%	11.7%	8.5%	N/A
Household size	1	24.4%	9.8%	22.2%	37.5%	40.8%
	2	42.2%	48.0%	40.9%	41.5%	29.7%
	3	13.6%	15.7%	14.6%	10.2%	13.4%
	≥ 4	19.8%	26.5%	22.2%	10.8%	16.1%

Our sample is not totally in line with the 2016 census, as it includes generally well-educated individuals with a high annual income. Statistics reveal that among the EV owners, 76.5% are men, 44.1% earn a salary of more than $120,000, 94.1% have a college diploma, and 86.4% are married or in a relationship. That profile resembles the "early adopter" profile identified by previous research (Mohamed et al., 2016). This is a common bias associated with convenience samples, which typically gather respondents that are interested in the topic of the survey.

We can also denote that only 9.8% of EV owners live alone and that EVs are not popular among students and other individuals under the age of 25 in contrast to the 55-64 age group, which contains most EV owners. A percentage of 70% reported having an EV residential charger. Within the 30% of people who claimed not having a charger at home, 27% indicated having access to a charger at their workplace. Logically, this remark would mean that 22% of the respondents owning an EV use the infrastructure available on the streets for 100% of their charging needs. Spatial analysis reveals that all of them have at least one charging facility within 1,500 m of their place of residence, yet three of them do not have access to one within 1,000 m and five of them do not have access to one within 500 m. Lastly, the results suggest that households with access to private parking are more likely to own a car, and to a larger extent, an electric one.

4.4.3 Descriptive statistics of the attitudinal variables

Table 4.3 depicts the descriptive statistics of the 5-point Likert-scale statements associated with attitudinal factors. The numbers shown in Table 4.3 represents the percentages of respondents that answered "Agree" or "Strongly agree".

Table 4.3 Descriptive statistics of attitudinal factors

	All respondents (N = 647)	EV owners (N = 102)	CV owners (N = 369)	Non-car owners (N = 176)
Likert-scale statements	% of "Agree" or "Strongly agree"			
I need to change my lifestyle to protect the environment.	68	82	66	65
Lots of people around me are buying an electric vehicle.	29	51	26	22
I am attracted to new technologies.	60	82	54	59

Table 4.3 Descriptive statistics of attitudinal factors (suite)

	All respondents (N = 647)	EV owners (N = 102)	CV owners (N = 369)	Non-car owners (N = 176)
Likert-scale statements	% of "Agree" or "Strongly agree"			
Electric vehicles perform better than gas-powered cars (acceleration, driving comfort, etc.).	38	87	25	34
The government subsidies for electric vehicles are sufficient.	26	59	20	19
The current range of electric vehicles is insufficient.	53	34	63	43
The purchase price of an electric vehicle is too high.	63	43	74	51
Charging an electric vehicle while travelling is too long or too complicated.	39	20	51	24
The next car I purchase will be an electric car.	41	92	31	32
I am now considering buying a car because I think electric cars allow me to minimize my ecological footprint.	16	-	-	16

Table 4.3 suggests that individuals with environmental awareness, with an entourage who purchases EVs, and with interest in new technologies own an EV in a greater proportion. CV and HEV owners seem to be the most critical group towards the EVs' performance, range, purchase price, and recharging needs while travelling.

Results also show that EV owners tend to appreciate their experience with this type of vehicle, as 87% say they perform better than CVs and 92% are willing to purchase one as their next car. On the other hand, about 30% of non-EV owners (including those who do not own a car) expressed their willingness to purchase an EV as their next vehicle, which is a surprising figure, considering that only 6.2% of newly purchased vehicles in Quebec are electric (AVÉQ, 2020).

Lastly, 16% of respondents who do not own a car consider buying one because of the "ecological" nature of EVs. This figure suggests either that the remaining 84% are satisfied with their mode of travel, or that they do not consider EVs to be environmentally friendly. This is supported by the 42 answers to the open-ended question mentioning that other modes of transport such as car-sharing,

public, and active transportation should be preferred to EVs and by the 26 comments doubting the environmental performance of EVs because of the battery production process.

4.4.4 Accessibility analysis

Respondents' perception of accessibility to public EV charging stations from their residence is compared to objective accessibility measures. For subjective accessibility, the percentages of participants that agreed or strongly agreed to the according Likert-scale statements were computed. The average objective accessibility (count of charging stations within 500 m) for each group of participants is indicated in Table 4.4. Objective accessibility measures for all participants range from zero to fifty.

Table 4.4 Average objective accessibility, perceived accessibility and charging awareness

	EV-owners (N = 100)	CV / HEV owners (N = 369)	Non-car owners (N = 176)
Average objective accessibility (within 500m)	2.0	2.6	3.5
Agreed or strongly agreed to "There are not enough charging stations in the streets around my home."	43%	61%	55%
Agreed or strongly agreed to "When I walk down the streets, I notice the charging stations."	91%	77%	71%

Non-car owners are exposed to the highest objective accessibility to public charging stations (3.5), while EV owners are those with the lowest accessibility (2.0). This relates to the fact that no-car households live in denser neighborhoods (Figure 4.3), where more charging facilities are installed (Figure 4.2). Yet, non-EV owners are more likely to report that there are not enough charging stations near their residence and suggests that they either lack interest or knowledge to easily notice them or that they expect a higher number of them to consider it as a sufficient number. This is in line with other data from the survey, which indicates that 91% of EV owners notice the curbside charging stations when walking in the streets, while only about 75% of non-EV owners notice them. These results confirm that high EV charging awareness is generally associated with previous EV purchase (Hardman et al., 2018) and suggest that the charging infrastructure may not be present or visible enough to increase non-EV owners' confidence (Axsen, J. et al., 2015; Axsen, Jonn & Kurani, 2013; Bakker, 2011; Dong et al., 2014; Hardman et al., 2018; Lin, Z. H. & Greene, 2011;

Nicholas, M. A. et al., 2017; Plötz et al., 2014; Tal, G. et al., 2014) and to promote EVs.Figure 4.5 Figure 4.4 illustrates the relationship between objective and perceived accessibility to charging facilities from a spatial perspective and shows no significant pattern between respondents with a low perceived accessibility (agreed or strongly agreed to "There are not enough charging stations in the streets around my home") and those with a neutral or high perception of accessibility. This further implies that perceptions of public chargers' accessibility are associated with factors other than spatial and contextual ones such as objective accessibility.

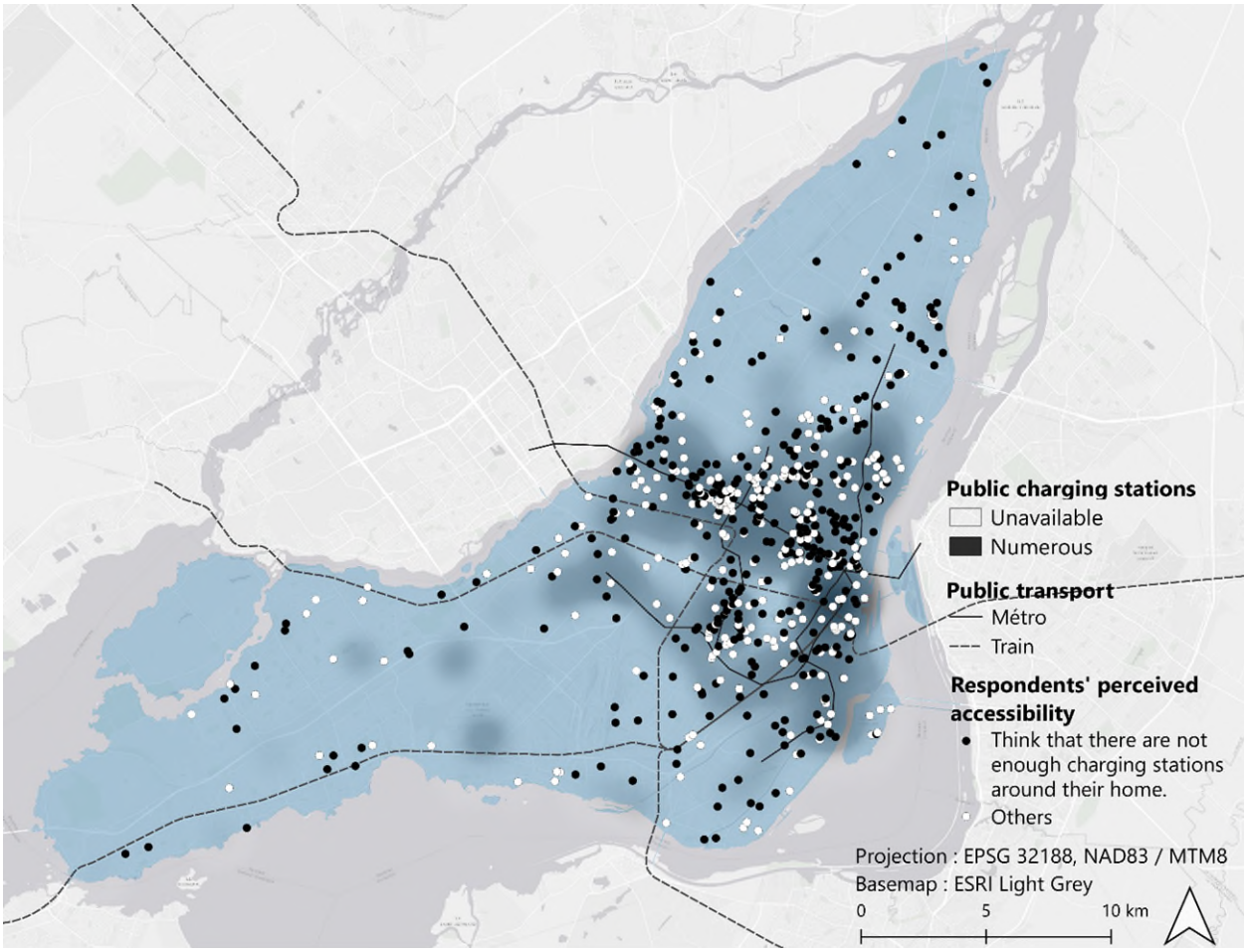

Figure 4.4 Spatial representation of objective and perceived accessibility to public chargers

Figure 4.5 shows that 13% of EV owners who believe that they have at least one charging station within 500 m from home do not (61% minus 48%). In contrast, non-EV owners underestimate their accessibility to public chargers, as about 15% of them are not aware of their presence around their residence. A last interesting result is related to prospective accessibility and reveals that 72% of

EV-owners “expect that there will be enough public charging facilities in Montreal in the next five years” while 60% of non-EV owners have that expectation.

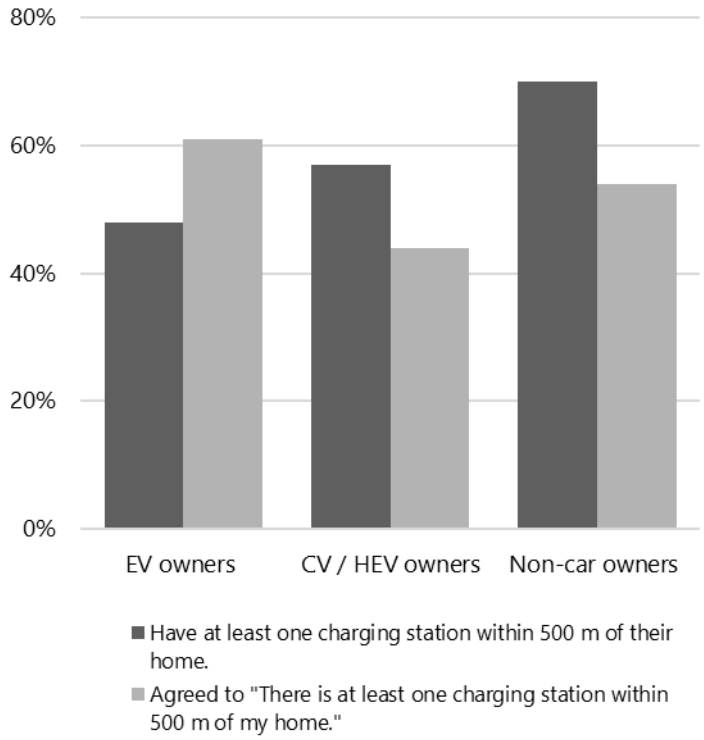

Figure 4.5 Comparison of objective accessibility and perceived accessibility measures

4.4.5 Logit models

Table 4.5 presents the results of the logistic regression models. All Pearson correlation coefficients between variables of the models were lower than 0.4, indicating a low probability of multicollinearity. The results of the first regression model reveal that individuals in a relationship and aged between 55 and 64 who often use their vehicle are more likely to own an EV. The significance of the variable “number of days using the car” is consistent with the fact that EVs are more cost-efficient with higher annual mileage (Bubeck et al., 2016; Tseng et al., 2013). On the other hand, we note that none of the individual characteristics are significant in the second model, supporting previous studies that concluded that purchasing intention is shaped much more by attitudes and feelings than socioeconomic factors (Moons & De Pelsmacker, 2012; Smith et al., 2017).

Table 4.5 Results of the logit models

	Model 1 EV ownership for car owners		Model 2 EV adoption intention for non-EV owners	
	Estimate	**p-value**	**Estimate**	**p-value**
(Intercept)	-4.75 **	0.02	-4.35 ***	< 0.01
Socioeconomic factors				
Gender: Male	0.20	0.66	0.04	0.89
Marital status: Single	-1.45 ***	< 0.01	-0.17	0.56
Age group: 55-64 years old	0.76 *	0.09	-0.15	0.66
Mobility factors				
# of days per week using a car	0.50 ***	< 0.01	--	--
Car ownership	--	--	0.06	0.83
EV experience	--	--	0.28	0.34
Household characteristics				
Annual income > CAD 120,000	0.11	0.79	0.07	0.79
Access to private parking at home	0.58	0.18	0.55 **	0.04
Objective accessibility				
Count of charging stations within 500 m of residence	-0.05	0.53	0.04	0.16
Subjective accessibility				
There are not enough charging stations in the streets around my place of residence.	-0.47 ***	< 0.01	-0.03	0.77
I expect that there will be enough public charging facilities in Montreal in the next five years.	-0.15	0.44	0.44 ***	< 0.01
Attitudinal factors				
Lots of people around me are buying an electric vehicle.	0.29	0.12	0.37 ***	< 0.01
I am attracted to new technologies.	0.76 *	0.09	0.57 **	0.03
I need to change my lifestyle to protect the environment.	0.10	0.63	0.35 ***	< 0.01
The current range of electric vehicles is insufficient.	-0.48 ***	< 0.01	-0.36 ***	< 0.01
Electric vehicles perform better than gas-powered cars.	1.16 ***	< 0.01	0.24 *	0.08
The purchase price of an electric vehicle is too high.	-0.32 *	0.08	0.02	0.89
The charging costs of electric vehicles are too high.	-0.43 *	0.06	-0.41 ***	< 0.01
Number of observations	386		434	
R-squared	0.52		0.21	
AIC	233		465	

Notes: ***, **, and * indicate significance at 99%, 95%, and 90% confidence level.

Looking now at the accessibility variables, objective accessibility appears to be non-significant in both models even when removing subjective accessibility. This outcome is likely related to the fact that majority of EV owners in our sample charges their EV at home and thus, give little importance to public charging stations in their purchase decision. In line with this, being able to park in a

private driveway or garage significantly increases non-EV owners' adoption intention, revealing that future buyers would prefer residential charging as well. This could be due to its convenience and the cost savings it allows, particularly given the actual low electricity rates for residential customers in Quebec (Hydro-Québec, 2019b). This is further supported by the non-significance of the perceived accessibility measure "There are not enough charging stations in the streets around my place of residence" in that second model and by the 21 survey comments that pointed out that charging on the street is very restrictive because of the high parking fees and the need of freeing the space when charging is over.

Moreover, it is interesting to note that perceived accessibility around residence (i.e. "There are not enough charging stations in the streets around my place of residence") is highly significant in the first model while prospective accessibility is not, suggesting that even though they prefer charging their vehicle at home, participants still want to rely on the public charging network to complement their charging needs. It might also imply that they are in a broad sense favourable to the development of facilities that support the adoption of EVs. On the other hand, prospective accessibility is found to be a key factor influencing EV adoption for non-EV owners, implying that the deployment of suitable and visible public charging stations might contribute the acceleration of EVs penetration rate in Montreal's car fleet. These findings also suggest that perceived accessibility is not a key determinant among early adopters (actual EV car owners), who charge their vehicle at home, but might become one among the early majority. This is in line with the findings of Globisch et al. (2019) on the importance of public charging infrastructure for potential adopters of EVs.

As expected, EV purchases within people's social circle (i.e. "Lots of people around me are buying an electric vehicle") and attraction to new technologies are positively and significantly associated with both EV ownership and purchase intention. This might be attributed to a better knowledge and understanding of the technical benefits of EVs. Also, individuals desiring to contribute to the protection of the environment through lifestyle changes are more likely to report EV purchase intention, suggesting their awareness on the potential environmental benefits of EVs. These last results are in line with several studies (Axsen, J. et al., 2015; Axsen, Jonn et al., 2016; Carley et al., 2013; Jensen et al., 2013; Kormos et al., 2019; Lin, B. Q. & Wu, 2018; Moons & De Pelsmacker, 2012; Plötz et al., 2014; Schuitema et al., 2013; Skippon & Garwood, 2011). Surprisingly, car ownership and EV prior experience do not statistically influence non-EV owners'

adoption intention. Variables with a strong association in both models are the vehicle range and performance, as found by previous studies (Lieven et al., 2011; Lin, B. Q. & Wu, 2018). This correlation is stronger for the EV ownership model. Finally, charging costs appear to be a significant factor in both models and particularly in the second one: a relationship that can be explained by the low electricity costs compared to gasoline in Quebec[13].

4.5 Conclusion

This study has investigated the relationship between accessibility (objective, perceived, and prospective) to public charging stations on EV ownership and adoption intention among adult individuals living on the Island of Montreal. Analysis of perceived accessibility reveals that EV owners do not believe that the existing public charging network is extensive enough to meet charging needs. Findings also indicated that non-EV owners are less sensitive to the charging infrastructure around them, potentially due to a lack of awareness and understanding of devices they do not use. Efforts to aim at better informing citizens on the presence and the locations of these charging facilities and on the solutions to easily locate them could contribute to increasing EV adoption. Another important finding is that non-EV owners expect the Island to have more charging infrastructure in the next 5 years, and that this positive expectation plays a key role in EV purchase intention. As it reveals great interest and expectations in EVs, deploying suitable and visible public charging stations could be beneficial to EV penetration rate. Overall, the results demonstrate that public charging stations are not key determinants among current EV owners (which can be considered as early adopters) but seem to play a role on the purchase intention. Accordingly, extending the public network in future years could contribute to a greater adoption among future users, the early majority. Future research should be conducted in upcoming years to study that question.

Furthermore, the fact that objective accessibility does not seem to influence purchase intention and that access to private parking positively influences it indicates once again that consumers are not yet convinced that it is possible to charge their vehicle only on the street. The current charging

[13] Hydro-Quebec, the electricity supplier in Quebec, calculates a cost of $2.27 to drive 100 km in an EV (if charging is done at home) while this cost rises to $10.65/100 km for a CV (price of gas of $1.50/litre) (Hydro-Québec, 2021b).

station pricing, which includes parking in addition to electricity, operates by the hour, which could discourage EV owners from occupying the space for long periods, such as at night. This problem could be solved by modifying tariffs, either by reducing them (as in Norway, where you could recharge your EV on the street for free), by pricing on kWh rather than on time of use, as it is the case in a lot of U.S. states (CCMM & Propulsion Québec, 2019) or by proposing dynamic pricing dependant on peak demand. Of course, this would complement the installation of charging stations in residential areas. These stations could be slow stations (120V) with low infrastructure investment to allow homeowners to recharge at night without monopolizing the space. Dynamic tariff based on the location of the EV charging infrastructure could also be considered taking into account the various socioeconomic and technical factors influencing the adoption of EV.

Lastly, it was shown that the survey respondents attach great importance to the performance of the vehicle as well as to its maximum range. However, participants are not convinced yet that EVs perform better than gas-powered vehicles nor that they allow sufficient range for their travels. Considering the rapid evolution of technology that allows car manufacturers to produce vehicles with impressive autonomy and recharging times, efforts should now be made to better inform the population about the benefits of EVs and dispel myths about their “insufficient” range and “poor” performance. That could be done through a sales campaign or non-commercial advertisements. Moreover, since it has been demonstrated that high accessibility to public charging stations reduces range anxiety (Neubauer & Wood, 2014), EV adoption could also be encouraged by the visible and abundant presence of charging stations in Montreal.

This study has a number of limitations. First, objective accessibility was calculated from a road network that did not include all pedestrian routes, such as green spaces and bike paths. Thus, the calculated values may be underestimated. Similarly, cumulative-opportunity measures that did not account for competition were generated. Further studies could test different objective measures of accessibility, including the consideration of different types of chargers. Second, the survey sample is not strictly representative of Montreal’s 2016 census, as it contains many individuals with a high level of education and a high annual income. As these are typical characteristics of "EV early adopters", we highlight a bias of convenience sampling, which typically collects data on individuals having interest in the survey topic. It is important to mention that this has important equity implications, as perceptions and views of socially disadvantaged population are under-represented and might differ based on their socio-economic, housing and mobility characteristics. Despite this

bias, we believe this research is valuable in providing an understanding of how public charge stations deployment can contribute to EV adoption, by highlighting the relevance of key factors such as individuals' perceptions and private parking access. Future studies could build on the present findings to assess the determinants of EV adoption in a later stage of adoption and amongst the early majority, while ensuring a representative sample of individuals. Specific investigation could also be undertaken to understand context-specific and/or group-specific determinants. In that respect, equity studies could focus on distinct population groups which are more likely to experience a variety of barriers to EV adoption. For example, our survey results suggest that lower-income households are less likely to have access to a private parking. Along a similar vein, other studies could concentrate on high-density areas, with very limited access to private parking. Another analysis that we suggest for future research is to model BEV and PHEV owners separately. Indeed, these two types of vehicles can have very different charging needs, which lead to distinct behavior and perceptions of their owners (Hardman et al., 2018). Furthermore, respondents, especially those who own an EV, may make a distinction between their personal charging needs and what they think would be optimal from a societal perspective. As our survey does not address these differences, they could be investigated in further studies. Another limitation that is worth mentioning is the potential endogeneity between the dependent variable of the first model (i.e. EV ownership) and the explanatory variable "number of days per week using a car" as well as between perceived accessibility (i.e. "There are not enough charging stations in the streets around my place of residence.") and awareness of curbside chargers (i.e. "When I walk down the streets, I notice the charging stations."). Indeed, the low operating costs of an EV compared to those of a CV could encourage car owners to drive more. Thus, further research should be conducted to find out whether these variables are endogenous and if it has an influence on the results.

Despite the limitations of this study, the results contribute to a better understanding of the factors influencing Montrealers' ownership and adoption intention of EVs. By focusing on three types of accessibility, this study fills a gap in the research on how the presence of public charging stations influences EV adoption by urban individuals. The findings provide a nuanced understanding of how integrating accessibility-based strategies into electrification plans might speed up EV sales in metropolitan areas.

4.6 Acknowledgments

This study is part of a research cluster on smart cities and mobility, funded by Jalon Montreal and Mitacs. The authors would like to thank the Electric Circuit and Hydro-Québec for providing data with respect to Montreal electric charging network. They also thank the team of IT technicians at Polytechnique Montreal who have helped tremendously for disseminating the survey.

4.7 Author contributions

The authors confirm contribution to the paper as follows: study conception and design: Renaud-Blondeau, Boisjoly, Dagdougui, and He; data collection: Renaud-Blondeau, Boisjoly; analysis and interpretation of results: Renaud-Blondeau, Boisjoly, Dagdougui; draft manuscript preparation: Renaud-Blondeau, Boisjoly, Dagdougui, and He. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

CHAPITRE 5 ANALYSES COMPLÉMENTAIRES

Ce chapitre vise à compléter les analyses du Chapitre 4 quant au réseau public de recharge électrique à Montréal, aux perceptions des bornes et des VÉ par les citoyens et à la possession et l'intention d'achat d'un VÉ. Il se divise en trois principales parties :

- Section 5.1, qui fait l'objet d'une analyse comparative sur les perceptions des VÉ et des bornes publiques par les propriétaires de VEÉ et ceux de VHR ;
- Section 5.2, qui expose des résultats de l'enquête qui n'ont pas été abordés dans l'article du Chapitre 4, notamment au sujet de l'expérience des non-propriétaires de VÉ avec les VÉ, des préoccupations et des besoins des électromobilistes quant à la conception et au fonctionnement des bornes et des commentaires recueillis par la question ouverte à la fin du questionnaire ;
- Section 5.3, qui présente une analyse exploratoire de l'utilisation des bornes de recharge du Circuit électrique par les propriétaires de VÉ habitant sur l'île de Montréal.

5.1 Analyse comparative de la possession de véhicules entièrement électriques et de véhicules hybrides rechargeables

Comme indiqué dans la section 4.5, une limite des travaux de recherche de l'article du Chapitre 4 est le fait qu'ils ne font aucune distinction entre les propriétaires de VEÉ et ceux de VHR. Puisque ces deux types de véhicules présentent des caractéristiques techniques distinctes (voir section 1.1) et requièrent différents comportements de la part de leurs conducteurs, il est important de bien comprendre les nuances entre les deux.

Dans la littérature, peu d'études récentes tentent d'identifier les différences entre les comportements et les perceptions de leurs propriétaires. Tal, Gil et Nicholas (2013), une des rares équipes de recherche s'y étant attaqué, repèrent des différences dans les habitudes de mobilité et les lieux de résidence entre les deux groupes, à l'inverse des attributs sociodémographiques. Ils constatent que les Californiens possédant un VEÉ ont des trajets quotidiens plus courts en moyenne que les propriétaires de VHR et sont plus nombreux à habiter au centre des régions métropolitaines.

Une analyse exploratoire est réalisée sur les données du sondage en ligne et vise à déterminer si les perceptions des électromobilistes quant aux VÉ et aux bornes de recharge publiques sont teintées

par le type de leur véhicule rechargeable. Cela est possible en créant deux sous-ensembles de propriétaires de VÉ selon le type de leur véhicule. Au total, 70 participants au sondage ont déclaré posséder un VEÉ tandis que 30 participants possèdent un VHR. Il convient de noter que pour l'analyse de cette section, les VÉAP entrent dans le sous-groupe des VHR.

Une analyse comparative des attributs socioéconomiques, démographiques et attitudinaux des propriétaires de VÉ selon le type de leur véhicule rechargeable est réalisée. Cet exercice ne dévoile aucune différence notable entre le profil socioéconomique (genre, occupation, état civil, niveau d'éducation, groupe d'âge, revenu et taille du ménage) des deux sous-groupes, ce qui concorde avec les travaux de recherche de Tal, Gil et Nicholas (2013) en Californie. La comparaison des habitudes de mobilité, de la possession d'une borne résidentielle et des lieux de domicile mène à des conclusions similaires.

Les statistiques descriptives des variables attitudinales sont ensuite comparées entre les deux échantillons. Pour cela, le pourcentage de répondants du sondage ayant déclaré être en accord ou entièrement en accord aux déclarations sur l'échelle de Likert est généré. La figure suivante affiche les affirmations pour lesquelles une différence relative d'au moins 10% est remarquée entre les deux sous-groupes.

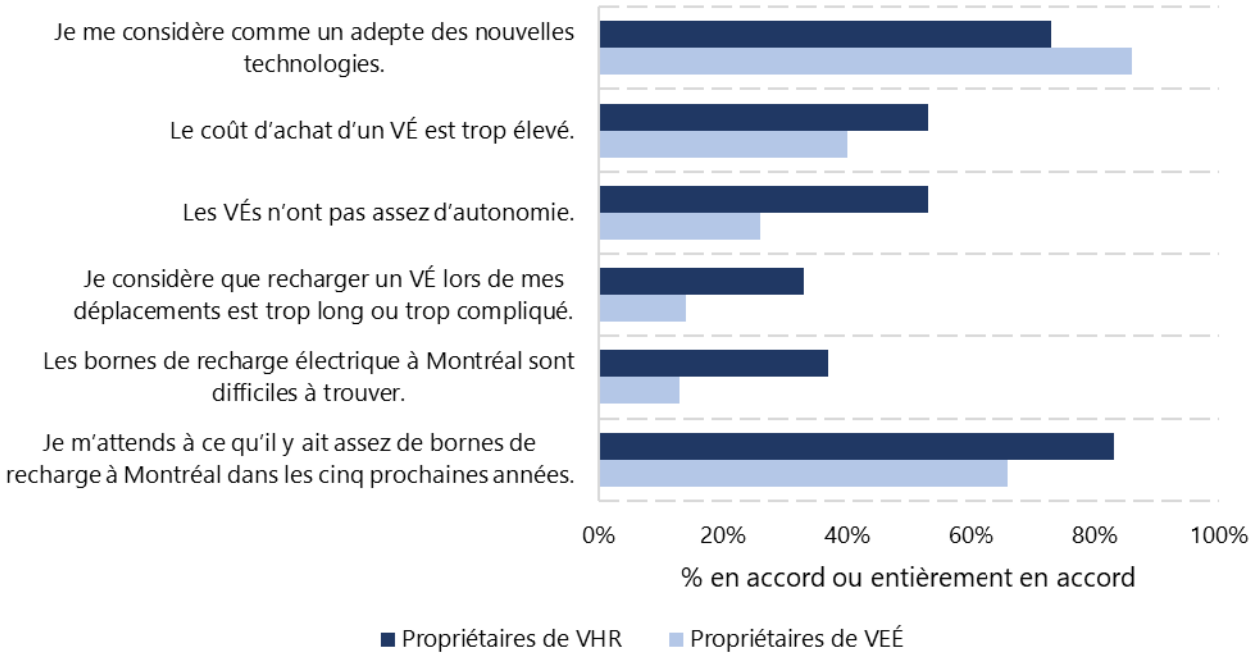

Figure 5.1 Statistiques descriptives des variables attitudinales des propriétaires de VÉ selon le type de leur véhicule

Premièrement, les propriétaires de VEÉ sont plus nombreux à se considérer comme des adeptes de la technologie, résultat logique considérant que la technologie des voitures 100 % électriques est plus avancée que celle des systèmes semi-hybrides. Ensuite, les propriétaires de VHR semblent être plus critiques envers les VÉ, particulièrement envers leur prix à l'achat, leur autonomie restreinte et leurs contraintes de recharge. Pour leur part, les deux derniers résultats reflètent les changements plus drastiques des habitudes de conduite et du mode de vie que les VEÉ requièrent de leurs propriétaires. Ils pourraient signifier que les propriétaires de VHR ne sont pas encore convaincus de la commodité ou de la fiabilité des VEÉ et qu'ils préfèrent opter pour une voiture plus « sécurisante. » Cette sécurité proviendrait de leur moteur à combustion leur permettant de ne pas se soucier de la décharge de la batterie électrique lors de leurs déplacements. Outre les attitudes différentes des deux groupes, la commercialisation des VHR en tant que « parfait entre-deux entre la voiture à essence et la voiture électrique » ou en tant « qu'excellent véhicule pour s'initier à l'univers des VÉ » pourrait expliquer ces évaluations plus sévères. Par exemple, Volvo vante sa « souplesse remarquable » (https://www.volvocars.com/) et Hyundai affirme qu'elle assure « une plus grande paix d'esprit à [ses] propriétaires » (https://www.hyundaicanada.com/).

La Figure 5.1 illustre également que les conducteurs de VHR sont plus nombreux à avoir de la difficulté à trouver les bornes de recharge sur l'île de Montréal.

Une dernière observation intéressante dans la Figure 5.1 est celle que les propriétaires de VHR ont plus d'attentes envers le développement du réseau de recharge public. Cela pourrait témoigner de leurs besoins perçus plus grands en termes de recharge publique et de leur désir de faire le saut vers le 100 % électrique, qui est toutefois freiné par un nombre de bornes de recharge publiques qu'ils considèrent comme actuellement trop faible.

Bien que ces détails n'apparaissent pas dans la Figure 5.1, il est intéressant de mentionner que les propriétaires de VEÉ évaluent de façon très similaire la performance des véhicules rechargeables en plus d'avoir une opinion semblable sur les incitatifs financiers offerts par le gouvernement.

En conclusion, cette courte analyse comparative entre les propriétaires de VEÉ et ceux de VHR a permis de déceler quelques différences parmi les facteurs subjectifs. On note entre autres une certaine inquiétude de la part des conducteurs de VHR quant à l'autonomie restreinte des VEÉ. Des lignes directrices sont dégagées pour de futures recherches, idéalement effectuées avec des échantillons de taille plus importante.

5.2 Résultats complémentaires de l'enquête

Cette section fait état des résultats de certaines questions de l'enquête (voir section 3.2.1) qui n'ont pas été traitées par l'article présenté au Chapitre 4. Elle répond ainsi au troisième objectif de ce mémoire, lequel vise à dresser un constat préliminaire des préoccupations et des besoins des Montréalais en ce qui concerne les VÉ et les bornes de recharge publiques. Cela a pour but d'informer la Ville de Montréal par rapport à la façon dont les résidents de l'île perçoivent le réseau actuel de recharge et de mettre en lumière des recommandations d'améliorations applicables au contexte montréalais. Certaines de ces propositions pourront également être reprises par d'autres villes ayant des contextes analogues.

5.2.1 Expérience avec les véhicules électriques pour les participants ne possédant pas de véhicule électrique

5.2.1.1 Bilan des résultats de l'enquête concernant l'expérience avec les véhicules électriques des participants ne possédant pas de véhicule électrique

Le questionnaire de l'enquête incluait des questions relatives à l'expérience vécue avec l'utilisation de VÉ. Ces questions étaient visibles seulement par les répondants ayant déclaré ne pas posséder de VÉ. En premier lieu, les participants devaient indiquer s'ils avaient déjà conduit ou été passagers à bord d'un VÉ. Ensuite, ils devaient noter leur appréciation de l'expérience.

La figure suivante illustre les résultats de la question ayant trait à l'expérience en tant que **conducteur** d'un VÉ.

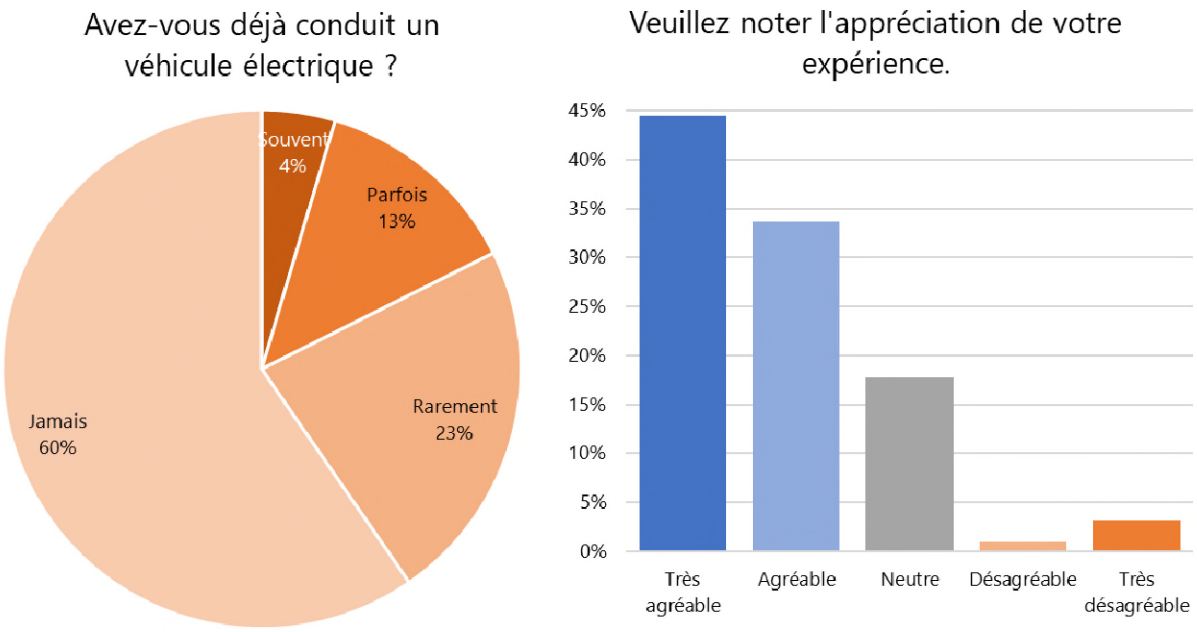

Figure 5.2 Expérience des participants du sondage ne possédant pas de VÉ (n = 542) en tant que conducteur d'un VÉ

Comme illustré sur la Figure 5.2, plus de la moitié des participants du sondage, excluant les électromobilistes, n'ont jamais conduit un VÉ. Les 4 % qui déclarent en conduire un souvent indiquent que c'est puisqu'un de leurs proches en possède un ou qu'ils le font dans le cadre du travail, de l'utilisation d'un service d'autopartage. Le graphique de droite (Figure 5.2) permet d'observer que la majorité des individus ayant déjà conduit un VÉ qui n'était pas le leur ont apprécié leur expérience. Seulement 18 % d'entre eux sont neutres par rapport à l'évènement et 5 % désignent leur expérience comme désagréable.

La Figure 5.3 expose les résultats de la question concernant l'expérience en tant que **passager** d'un VÉ.

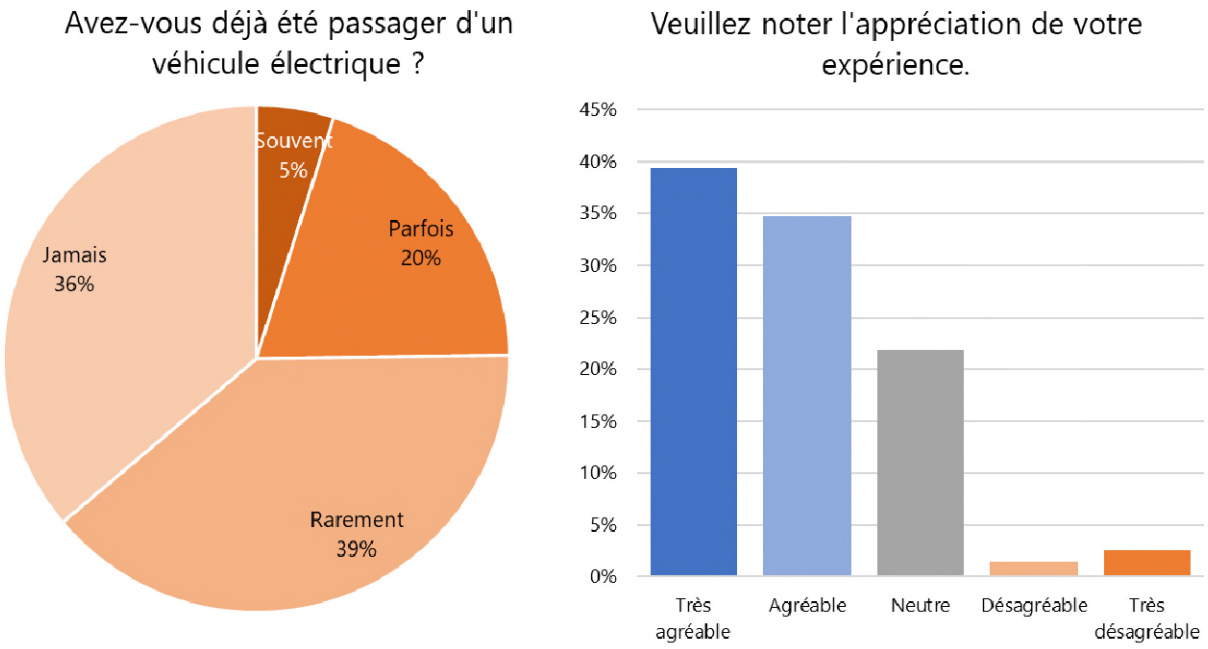

Figure 5.3 Expérience des participants du sondage ne possédant pas de VÉ (N = 542) en tant que passager d'un VÉ

Le graphique de gauche de la Figure 5.3 révèle que 64 % des participants du sondage qui ne possèdent pas de VÉ ont déjà été passager d'un tel véhicule. En comparant ces résultats avec ceux de la Figure 5.2, on en déduit que les participants sont plus nombreux à avoir vécu une expérience en tant que passagers d'un VÉ qu'une expérience de conduite. Le graphique de satisfaction de la Figure 5.3 présente des résultats similaires à ceux pour l'expérience de conduite (Figure 5.2), c'est-à-dire que les participants ont pour la majorité apprécié leur expérience. Néanmoins, on note une proportion plus élevée de réponses neutres, résultat logique considérant qu'être passager requiert moins de participation de la part de la personne. La plupart des participants ayant déclaré avoir déjà été passagers d'un VÉ l'ont été dans un véhicule d'une connaissance, dans un taxi électrique ou dans un véhicule en libre-service.

En mettant en évidence le nombre élevé d'individus ayant été exposés à la technologie des VÉ, les résultats précédents témoignent de la place de plus en plus importante de cette dernière dans notre société. Les liens entre l'expérience de la conduite électrique et les perceptions face aux VÉ et aux bornes de recharge sont explorés plus en détail dans la prochaine section.

5.2.1.2 Comparaison des perceptions selon le niveau d'expérience avec les véhicules électriques

Une analyse comparative des variables attitudinales de l'enquête selon l'expérience antérieure avec les VÉ est effectuée. Pour cela, les 542 participants de l'enquête ne possédant pas de VÉ ont été divisés en deux sous-groupes : le premier inclut les répondants ayant déjà été conducteurs ou passagers d'un VÉ (375 participants) alors que le deuxième inclut les répondants n'ayant aucune expérience avec les VÉ (167 participants). L'objet de cette analyse est d'étudier l'influence de l'expérience sur l'attitude envers les VÉ et les bornes de recharge électrique.

La Figure 5.4 présente le pourcentage de participants non-propriétaires de VÉ ayant déclaré être d'accord ou entièrement d'accord avec certains énoncés du questionnaire. Seuls les énoncés pour lesquels une différence de 10 % entre les deux sous-groupes analysés est calculée sont affichés.

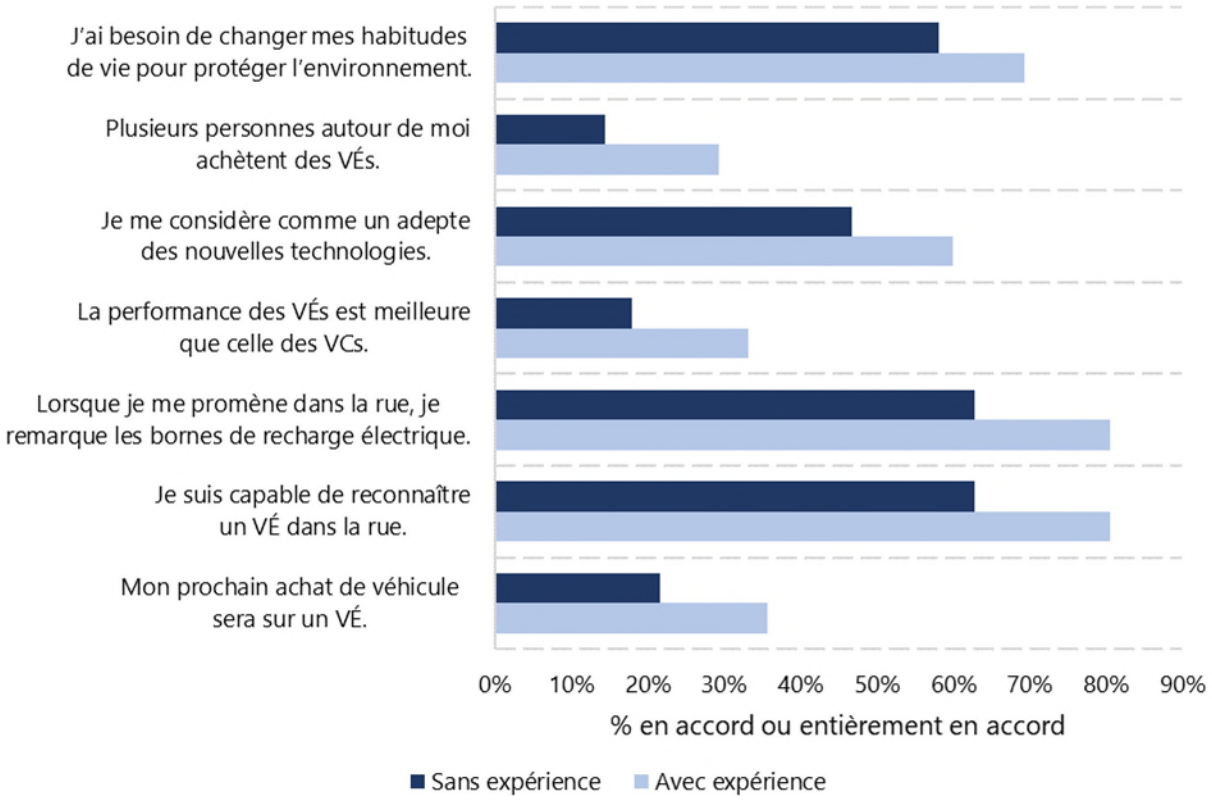

Figure 5.4 Statistiques descriptives des variables attitudinales quant aux VÉ selon l'expérience antérieure avec les VÉ

La Figure 5.4 dégage des différences claires entre les attitudes des participants expérimentés et ceux n'ayant aucune expérience avec les VÉ. Elle permet plus précisément d'observer que les

participants ayant une certaine expérience avec les VÉ ont un plus grand désir de protéger l'environnement et sont plus nombreux à être entourés par des électromobilistes ou à se considérer comme des adeptes de la technologie. Ces caractéristiques sont probablement une source d'intérêt envers les VÉ et peuvent expliquer leur niveau d'expérience avec ces derniers.

La Figure 5.4 permet également de constater que ceux avec une expérience antérieure avec les VÉ notent plus favorablement leur performance technique et sont plus nombreux à déclarer que leur prochain véhicule sera électrique. Ce résultat se rattache aux conclusions de la section 5.2.1.1, soit que l'expérience en tant que conducteur ou passager d'un VÉ est généralement appréciée par les répondants du sondage. Ce résultat pourrait aussi être dû à la relation inverse : que l'intérêt et la confiance envers les VÉ mènent à leur utilisation, par exemple, dans le cadre d'un essai routier.

Enfin, les participants expérimentés semblent avoir une meilleure capacité à reconnaître les VÉ en plus d'être plus attentifs à la présence des bornes de recharge dans la rue.

Il importe de noter que l'expérience ne semble pas orienter le point de vue des Montréalais sur les coûts des VÉ (achat, recharge et maintenance) ni sur les incitatifs financiers à l'achat, sur leur autonomie ou leur temps de recharge.

Dans l'ensemble, les résultats de cette section suggèrent que l'expérience avec les VÉ sensibilise les individus à la technologie des véhicules rechargeables et influence positivement leur perception sur leur performance technique. À l'inverse, les personnes ayant une attitude positive envers les VÉ pourraient être plus susceptibles de vouloir essayer la technologie. Malgré l'influence non statistiquement significative de l'expérience avec les VÉ sur l'intention d'adoption de ceux-ci (section 4.4.5), l'appréciation positive des participants ayant déjà conduit ou embarqués à bord d'un VÉ est encourageante pour leur développement sur le marché automobile. En définitive, les résultats semblent démontrer de façon claire l'importance d'approfondir l'aspect de l'expérience dans de futures études, potentiellement avec des sondages ciblés, des groupes de discussion ou des entrevues.

5.2.2 Bilan des questions réservées aux électromobilistes

Cette section présente les réponses aux questions de l'enquête destinées aux électromobilistes (100 participants) seulement et agit comme étude préliminaire des préoccupations des usagers fréquents du réseau de recharge public de Montréal. Il importe de rappeler que les participants devaient

évaluer chaque déclaration sur une échelle de Likert où six options de réponse étaient possibles (celles présentées sur la Figure 5.5 et la Figure 5.6).

Deux premières questions abordaient les bornes de recharge rapides (400V). Puisque seuls les VEÉ peuvent utiliser ce type de borne, les propriétaires de VHR ont été exclus de l'analyse. Ainsi, la Figure 5.5 illustre l'évaluation de ces déclarations par les 70 propriétaires de VEÉ ayant répondu au questionnaire.

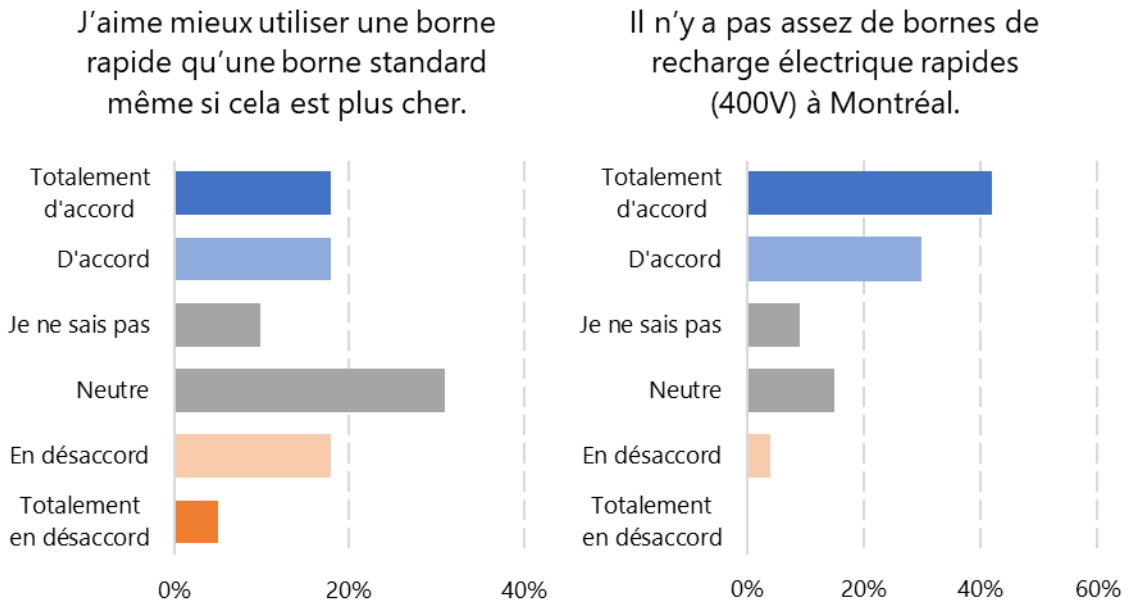

Figure 5.5 Réponses aux questions concernant les bornes rapides par les propriétaires de VEÉ

La Figure 5.5 démontre tout d'abord une légère préférence des propriétaires de VEÉ pour les bornes rapides, et ce, même si elles imposent un tarif plus élevé : alors que 43 % d'entre eux préfèrent utiliser une borne rapide, un tiers « ne sait pas » ou a une opinion neutre à ce sujet. Ces opinions neutres peuvent potentiellement s'expliquer par la complémentarité des bornes rapides et standards. Le graphique de droite illustre ensuite les attentes élevées des propriétaires de VEÉ envers le réseau de recharge rapide. Cette préférence envers les bornes rapides est probablement due à la rapidité de recharge que celles-ci permettent et explique leur plus grande popularité par les usagers du Circuit électrique. En effet, en 2019, les bornes rapides du Circuit électrique ont été utilisées en moyenne trois à quatre fois par jour alors que le niveau d'utilisation des bornes standards n'atteignait pas une recharge par jour (Pineau & Rahimy, 2021).

La Figure 5.6 contient les résultats de deux autres questions : une par rapport à l'aisance d'utilisation des bornes de recharge et l'autre relative aux services disponibles autour de ces

dernières. Les graphiques incluent les évaluations des propriétaires de VEÉ ainsi que celles des propriétaires de VHR (total de 100 réponses).

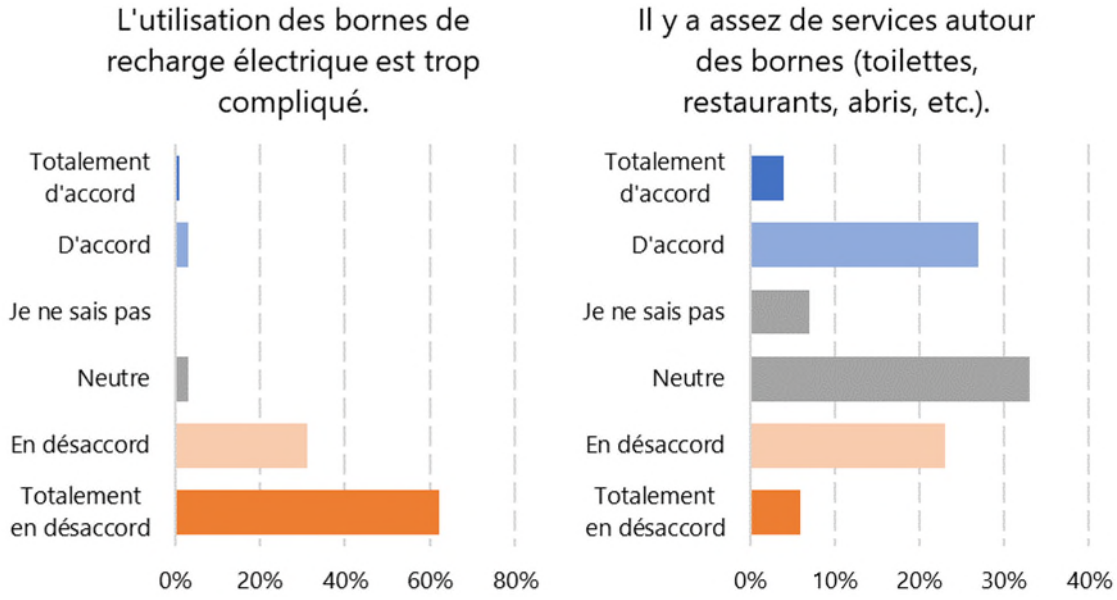

Figure 5.6 Réponses aux questions concernant le réseau de recharge en général des propriétaires de VÉ

On observe premièrement qu'un seul électromobiliste ayant répondu au sondage, âgé d'environ 30 ans, juge l'utilisation des bornes de recharge compliquée et que la forte majorité d'entre eux (93 %) a une opinion inverse. D'un autre côté, ils sont assez partagés quant aux services disponibles autour des bornes publiques. Une analyse approfondie de cette question pourrait être pertinente pour repérer les bornes qui font l'objet de critiques et pour identifier les besoins spécifiques des utilisateurs du réseau de recharge. Cette analyse détaillée pourrait également aider à localiser les futurs emplacements de bornes de recharge suivant le type des services disponibles.

Une dernière question destinée aux électromobilistes traitait des applications mobiles de localisation de bornes électriques. Les résultats obtenus sont présentés dans la Figure 5.7.

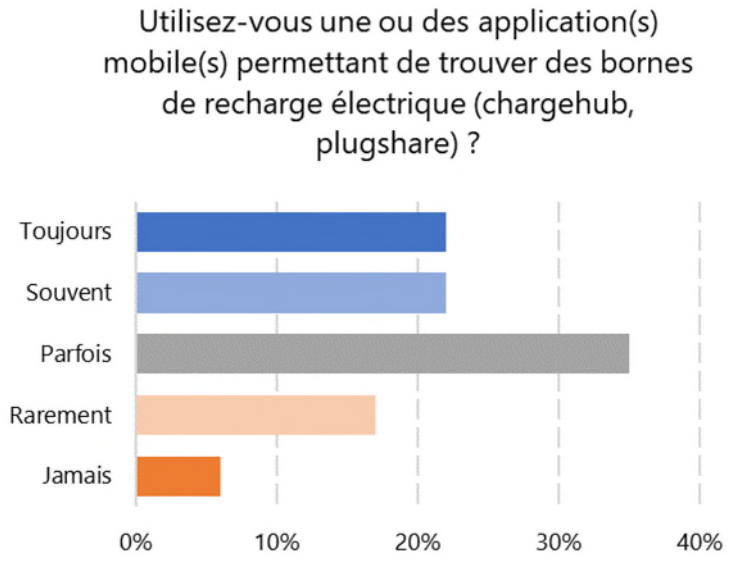

Figure 5.7 Fréquence d'utilisation des applications mobiles de recharge par les participants du sondage propriétaires de véhicules électriques

D'après la Figure 5.7, la majorité des propriétaires de VÉ utilisent les applications mobiles permettant de localiser les bornes publiques de recharge. Ces aperçus sont pertinents, car ils confirment l'utilité de développer ces applications.

5.2.3 Question ouverte

À la fin du questionnaire, une question ouverte demandait aux participants de communiquer leurs commentaires ou suggestions concernant les bornes de recharge ou les VÉ à Montréal. Cette question a permis de récolter 251 commentaires, lesquels ont été analysés et constituent le sujet de la présente section.

Tout d'abord, une analyse thématique a été réalisée : les commentaires ont été classés selon le sujet qu'ils abordaient. La Figure 5.8 présente les quinze sujets les plus récurrents catégorisés en trois thèmes et démontre que le thème le plus souvent abordé est celui des bornes de recharge, ce qui peut s'expliquer par l'accent mis sur celles-ci dans le questionnaire. Les commentaires sur chacun des quinze sujets sont résumés dans les deux sections suivantes (5.2.3.1 et 5.2.3.2).

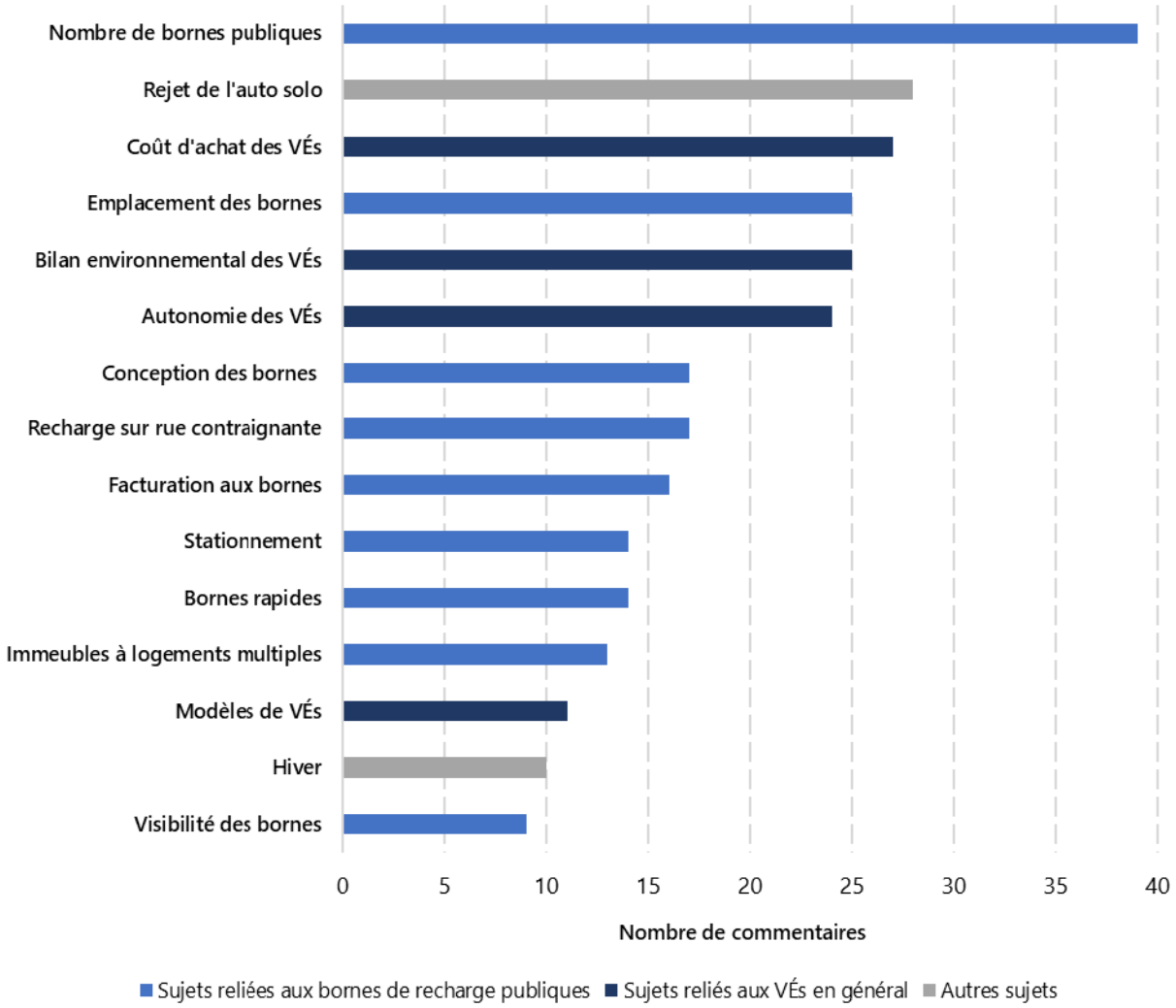

Figure 5.8 Les quinze sujets les plus abordés dans la question ouverte de l'enquête

5.2.3.1 Commentaires ayant trait à la recharge

Le sujet le plus abondamment évoqué est celui du nombre de bornes de recharge disponibles publiquement, ce qui est logique compte tenu de la thématique principale du sondage. Onze participants ont souligné un manque de bornes et vingt-huit demandent qu'il y en aille davantage. Plusieurs justifient leur commentaire par l'occupation continue des bornes à proximité de leur domicile, malgré le nombre peu élevé de VÉ à ce jour. Ces propos pourraient également être en lien avec les commentaires qui pointent du doigt l'occupation illégitime des bornes par certains automobilistes (ceux qui utilisent la place de stationnement sans utiliser la borne). Pour éviter que cela ne survienne, quelques participants suggèrent d'instaurer une limite sur le nombre d'heures

d'utilisation d'une borne. Enfin, quatorze commentaires rapportent un nombre trop faible de bornes rapides dans les espaces publics, ce qui renvoie aux mêmes conclusions que celles de la Figure 5.5.

Vingt-cinq participants se prononcent sur l'emplacement stratégique des bornes publiques. Certains expriment leur désir qu'elles soient installées dans les stationnements publics, tels que ceux des commerces, des parcs et des bâtiments municipaux, alors que d'autres estiment que leur place se situe dans les stations-service. Un dernier groupe de participants identifie les lieux de travail comme emplacement idéal des bornes de recharge et juge que les entreprises devraient être dans l'obligation d'en mettre à disposition de leurs employés.

Ensuite, vingt et un commentaires soulignent que recharger un VÉ dans la rue est très contraignant en raison des frais de stationnement élevés et de l'obligation de libérer le terminal une fois la recharge complète. Des résidents d'appartements n'ayant pas accès à un stationnement privé jugent que posséder un VÉ dans leurs conditions de vie est « difficile à concevoir, » voire « impossible. » Ainsi, certains d'entre eux suggèrent d'installer des bornes de recharge plus lentes (120V) dans les rues résidentielles afin de permettre aux électromobilistes de recharger leur véhicule la nuit sans qu'ils aient à déplacer leur véhicule. Quatorze répondants ont indiqué que le coût élevé du stationnement les dissuade de recharger leur voiture dans la rue pendant de longues périodes et que la recharge en kWh plutôt qu'à l'heure serait préférée, comme c'est le cas à Los Angeles (CCMM & Propulsion Québec, 2019).

Dix-sept répondants se sont prononcés sur la mauvaise conception des bornes de recharge publiques. Neuf les caractérisent comme « laides, » « encombrantes » ou « mal intégrées dans le paysage » et trois estiment qu'elles pourraient être plus discrètes. D'autres conseillent d'installer des toits au-dessus d'elles pour les jours de mauvais temps et des bancs à proximité pour que les utilisateurs n'aient pas à attendre dans leur véhicule. Certains trouvent que les câbles de recharge sont difficiles à manipuler et demandent qu'ils soient rétractables. Deux participants demandant l'accès à des toilettes à toutes les bornes de recharge. Ces réflexions se rapportent aux réponses obtenues à une des questions du sondage, qui demandait aux participants de noter, sur une échelle de 1 à 10, la conception des bornes de recharge sur rue à Montréal. Un total de 521 réponses a été obtenu et le score moyen est affiché dans la figure suivante.

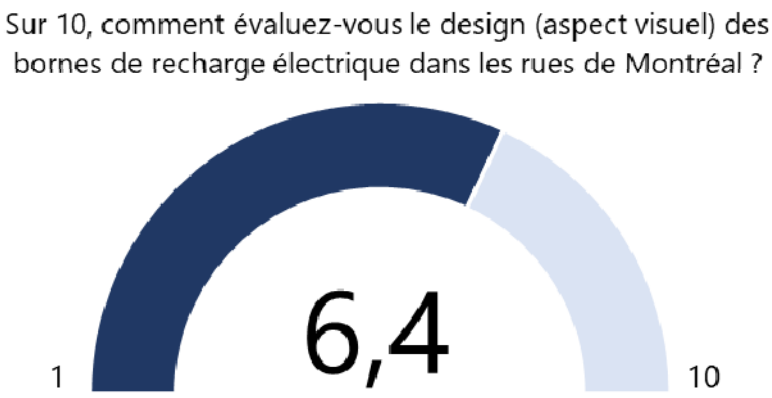

Figure 5.9 Score moyen attribué à la conception des bornes de recharge sur rue à Montréal par les participants de l'enquête

Comme le présente la Figure 5.9, une note moyenne de 6,4 sur 10 a été obtenue, ce qui prouve que les citoyens de l'île de Montréal ne sont pas totalement satisfaits de l'aspect visuel des bornes sur rue. Aucune différence notable n'est remarquée entre les moyennes de score des différents sous-groupes (propriétaires de VÉ, propriétaires de VC ou participants ne possédant pas de voiture). Les implications de ces résultats sont discutées dans le Chapitre 6.

En réponse à la question ouverte, plusieurs participants ont fait mention du stationnement à Montréal. Certaines personnes interrogées rapportent qu'il est « déjà problématique de se stationner » sur l'île. Un répondant qualifie même l'achat d'un VÉ de « suicidaire » et explique que la « borne recharge [à proximité de chez lui] se situe dans une zone où [il devrait] déplacer [son] véhicule le matin à 8h. » Un besoin semble alors s'imposer de réaliser une meilleure coordination et adaptation de la réglementation sur le stationnement dans la rue à la nouvelle réalité de la recharge sur rue. Neuf propriétaires de véhicule à essence se plaignent que les bornes de recharge « trop souvent inutilisées » leur retirent du stationnement.

Treize participants ont déclaré habiter dans un immeuble en copropriété ou à logements multiples où l'installation d'une borne de recharge n'est pas toujours simple (par exemple, elle peut requérir une adaptation des systèmes électriques ou une entente avec le syndicat de copropriété). Ils s'inquiètent de l'absence de législation exigeant l'installation des équipements électriques nécessaires dans ces immeubles.

Six répondants critiquent la visibilité des bornes et un d'entre eux juge qu'elle devrait être améliorée afin que « les utilisateurs du système routier voient qu'elles sont accessibles et en grande quantité. » La moitié de ces participants suggèrent d'éclairer les bornes pour y arriver.

Enfin, quelques participants se sont dits préoccupés par le déneigement des places de stationnement pour VÉ en hiver et l'un d'eux le considère même comme « une entrave majeure à l'achat d'un véhicule électrique. »

5.2.3.2 Commentaires ayant trait aux VÉ en général

Plusieurs commentaires portent sur des caractéristiques générales des VÉ. Parmi eux, vingt-sept proviennent de participants qui estiment le coût d'acquisition des VÉ trop élevé, et ce, malgré les subventions offertes par le gouvernement.

Vingt-quatre participants critiquent l'autonomie limitée des véhicules 100 % électriques, qu'ils considèrent comme un frein à leur adoption de la technologie, surtout lorsqu'ils songent aux longs voyages qu'ils pourraient effectuer dans le cadre du travail ou de vacances. Un répondant quantifie cette autonomie de « nettement insuffisante. » Tandis que plusieurs d'entre eux évoquent les véhicules hybrides ou hybrides rechargeables comme meilleure alternative, d'autres avouent attendre que la technologie des VEÉ se développe avant de les adopter. L'autonomie réduite en hiver a également été soulevée par quelques répondants.

Un nombre considérable de participants contestent le caractère écologique des VÉ et leur place dans la mobilité du futur. Certains affirment que sans la réutilisation ou le recyclage des batteries, ces véhicules ne sont pas plus « verts » que les véhicules à essence en raison de la phase de fabrication de ces dernières, qu'ils considèrent comme nocive pour l'environnement. D'autres répondants estiment que le transport en commun est plutôt la solution à promouvoir pour réduire les émissions de GES du secteur des transports. Parmi ces répondants, il semble y avoir une volonté, voire une préférence à utiliser le transport collectif, mais seulement si celui-ci offre une meilleure accessibilité et des temps de trajet comparables à ceux de la voiture. Un commentaire estime que l'argent utilisé pour subventionner l'achat des VÉ devrait préférablement être utilisé pour l'amélioration des services de transport en commun. Un autre juge que ces incitatifs gouvernementaux devraient être financés par des « taxes additionnelles sur l'achat de véhicules à grande consommation d'essence » plutôt que par le Fonds vert et affirme que le gouvernement contribue ainsi à la dépendance à l'auto. L'autopartage est également abordé par neuf répondants,

qui expliquent que leur volonté à remplacer leur voiture personnelle par l'autopartage est bloquée par la disponibilité trop faible des véhicules de Communauto[14]. D'autres prônent le transport actif ou estiment que « remplacer la flotte de véhicules conventionnels de Montréal pour des VÉ » ne « désencombrerait pas les rues » et « ne changerait rien au fait qu'il y a tout simplement trop de véhicules sur l'île de Montréal. » Il importe de noter que le questionnaire a été partagé auprès de la communauté étudiante de Polytechnique Montréal en génie du transport, ce qui peut expliquer le nombre élevé de commentaires délibérant sur la place des VÉ dans l'avenir de la mobilité urbaine.

Enfin, onze personnes ont déclaré être freinées par le manque de modèles de VÉ sur le marché, particulièrement les modèles accueillant sept passagers, qui seraient mieux adaptés aux familles nombreuses.

5.3 Analyse préliminaire des facteurs influençant l'utilisation des bornes de recharge publiques à Montréal

La présente section vise à étudier, à titre exploratoire, l'influence de certains facteurs sur le taux d'utilisation du réseau de recharge public à Montréal. Sur la base des données d'Hydro-Québec concernant les clients du Circuit électrique, on cherche ainsi à repérer les utilisateurs réguliers du réseau et à comprendre la raison de leur utilisation fréquente de ses bornes. Il est important de rappeler que ces données fournies par Hydro-Québec contiennent de l'information sur les bornes du Circuit électrique seulement : les bornes FLO et Tesla sont donc exclues de l'analyse. De plus, à partir du code postal des clients, les données ont été filtrées pour ne représenter que les clients résidant sur l'île de Montréal.

5.3.1 Présentation des données

Un total de 2 720 données sont obtenues pour l'île de Montréal. Parmi ces derniers, 58 % possèdent un VEÉ alors que 42 %, un VHR. La proportion de VEÉ comparativement à celle des VHR est plus élevée que celle identifiée par l'AVÉQ pour la province entière, qui est de 55 % (AVÉQ,

[14] Communauto est le service d'autopartage le plus populaire à Montréal en date de l'année 2021.

2020). Cela suggère que les propriétaires de VEÉ sont plus susceptibles de s'inscrire au Circuit électrique ou bien que les Montréalais préfèrent ce type de véhicule aux VHR.

Ces données nous permettent également de déclarer que les trois modèles de VÉ les plus populaires parmi les clients du Circuit électrique habitant à Montréal sont les mêmes que les modèles préférés des Québécois (AVÉQ, 2020), comme le présente le Tableau 5.1.

Tableau 5.1 Les cinq modèles de VÉ les plus populaires parmi les clients du Circuit électrique de Montréal

Marque	**Modèle**	**Type**	**Proportion dans l'échantillon**	**Capacité moyenne de la batterie (kWh)[15]**	**Autonomie électrique approximative (km)[16]**
Chevrolet	Volt	VEAP	16 %	16	60 à 70
Nissan	Leaf	VEÉ	14 %	24	240 à 385
Tesla	Model 3	VEÉ	11 %	60	450 à 580
Chevrolet	Bolt	VEÉ	7 %	60	417
Mitsubishi	Outlander	VHR	6 %	12	35

Le Tableau 5.1 révèle que la Chevrolet Volt, une VÉAP, est le modèle le plus populaire auprès des Montréalais. Ce modèle est discontinué depuis mars 2019 et a été remplacé par la Chevrolet Bolt, voiture 100 % électrique. Puisque les VÉAP ont un fonctionnement très similaire à celui des VHR (voir section 1.1), la Chevrolet Volt sera incluse dans le groupe des VHR pour les analyses qui suivent.

Une autre tendance que les données clients viennent confirmer est la popularité croissante des VÉ au sein de la population montréalaise. En effet, comme la Figure 5.10 le démontre, le nombre d'inscriptions au Circuit électrique augmente d'année en année, excepté pour 2019, où on observe une légère diminution par rapport à l'année précédente. Selon les inscriptions, les VEÉ ont toujours

[15] Ces valeurs proviennent directement de la base de données clients fournie par Hydro-Québec. Des moyennes sont calculées pour chaque modèle de véhicule, car la capacité de la batterie peut changer à travers les années (p. ex. une Nissan Leaf 2013 n'aura probablement pas la même capacité que le modèle 2020).

[16] Ces valeurs sont celles fournies par le fabricant de chaque modèle.

été plus populaires auprès des Montréalais que les VHR, et ce, malgré le succès de la Chevrolet Volt (voir le Tableau 5.1).

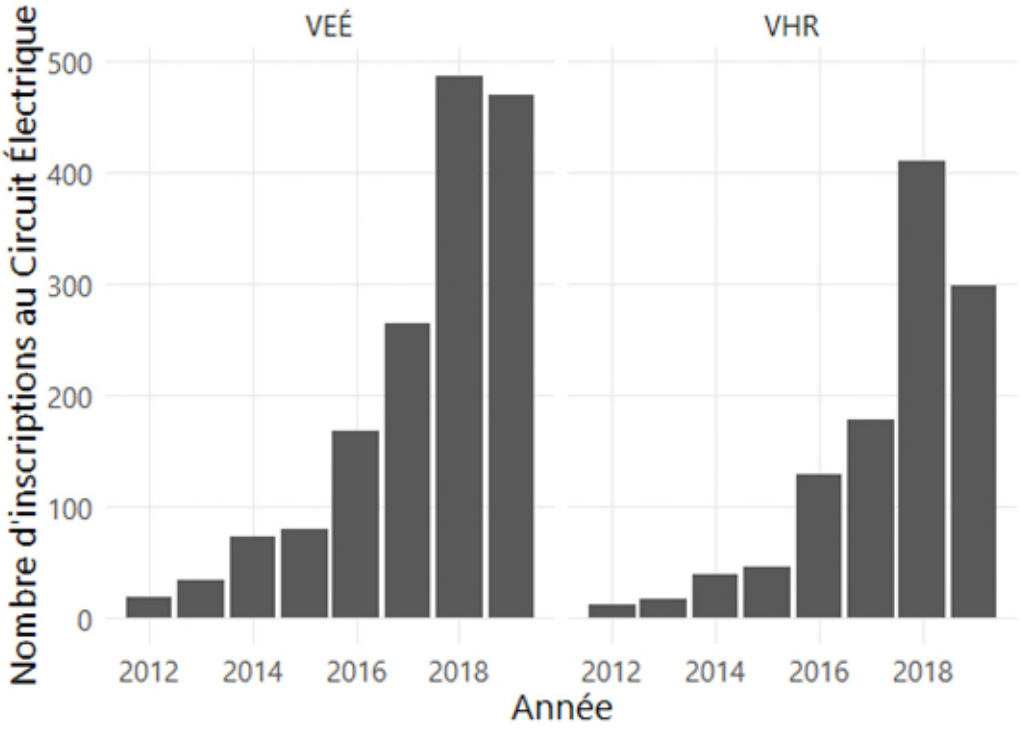

Figure 5.10 Nombre d'inscriptions au Circuit électrique de 2012 à 2019

Ensuite, le Tableau 5.2 contient les valeurs moyennes de trois variables de la base de données. La première est l'autonomie moyenne des voitures que possède chaque client du jeu de données. Ces valeurs, initialement disponibles en kWh, ont été converties en km pour les rendre plus compréhensibles. Des rendements énergétiques de 15 kWh/100 km à 20 kWh/100 km, qui se basent sur la littérature (Helmers & Marx, 2012), ont été utilisés pour la conversion. Logiquement, les VEÉ ont une autonomie électrique moyenne plus élevée que leurs équivalents hybrides.

Le taux d'utilisation moyen des bornes par les clients du Circuit électrique est ensuite présenté. Ce taux a été calculé à partir d'un nombre d'utilisations brut de chaque client de janvier 2017 à mai 2020 inclusivement. Ainsi, à chaque fois qu'il utilisait une borne du Circuit électrique sur le territoire de l'île de Montréal pendant cette période, le compte augmentait de 1. Si le client était actif depuis janvier 2017, ce nombre d'utilisations a été divisé par 41 mois, le nombre de mois écoulés entre janvier 2017 et mai 2020. D'un autre côté, si l'inscription s'est faite après le mois de janvier 2017, le nombre d'utilisations a été divisé par le nombre de mois entre celle-ci et mai 2020.

Tableau 5.2 Valeurs moyennes de trois variables d'intérêt de la base de données d'Hydro-Québec sur les clients du Circuit électrique résidant à Montréal

	Tous (N = 2 720)	**VEÉ (N = 1 590)**	**VHR (N = 1 130)**
Autonomie électrique moyenne (km)	156 à 207	226 à 301	66 à 88
Nombre d'utilisations moyen des bornes du Circuit électrique par mois	2,4	2,2	2,6
Temps moyen de chaque recharge (h)	2,4	2,5	2,3

On remarque d'abord un taux d'utilisation moyen assez bas : de 2 à 3 recharges par mois. De plus, l'évaluation des quartiles du nombre d'utilisations révèle que la majorité des clients (76 %) utilise les bornes en moyenne moins de 2 fois par mois. Ainsi, aucun client ne fait l'utilisation quotidienne d'une borne du Circuit électrique. Cela peut découler du fait qu'ils ont une borne de recharge à domicile ou au travail ou que leurs déplacements quotidiens ne leur en donnent pas la nécessité. Il est également intéressant de noter qu'en moyenne, les propriétaires de VHR ont plus souvent recours aux bornes publiques. Des données complémentaires sur d'autres variables explicatives, telles que l'accès à un stationnement et à une borne de recharge à domicile, seraient intéressantes pour pouvoir approfondir la compréhension de ce dernier constat.

Enfin, le Tableau 5.2 indique qu'en moyenne, les clients occupent une borne pendant un peu moins de 2 heures et demie. Cette durée représente de 40 à 85 km sur une borne de niveau 2 (qui ajoute de 30 à 40 km par heure – voir section 1.1). Puisqu'on ne dispose pas de données sur l'état de la batterie du VÉ à l'instant d'arrivée et de départ, on ne peut pas conclure si le temps passé à la borne complète la recharge de la batterie à 100 %.

L'ensemble de données permet enfin de calculer que près de la moitié (48,5 %) des recharges effectuées par les clients se font de 11h à 16h et 30,0 % se font le soir, entre 16h et 20h. La nuit et le matin sont les deux périodes les moins populaires pour recharger sa voiture.

5.3.2 Analyses spatiales

La répartition spatiale des clients est représentée sur la carte suivante, qui fait la distinction entre les propriétaires de VEÉ et ceux de VHR. L'emplacement des points est approximatif étant donné

qu'ils se basent sur le code postal des clients et non sur une adresse exacte. Plus précisément, les points sont situés au centroïde de chaque zone associée à un code postal (DMTI Spatial Inc., 2019).

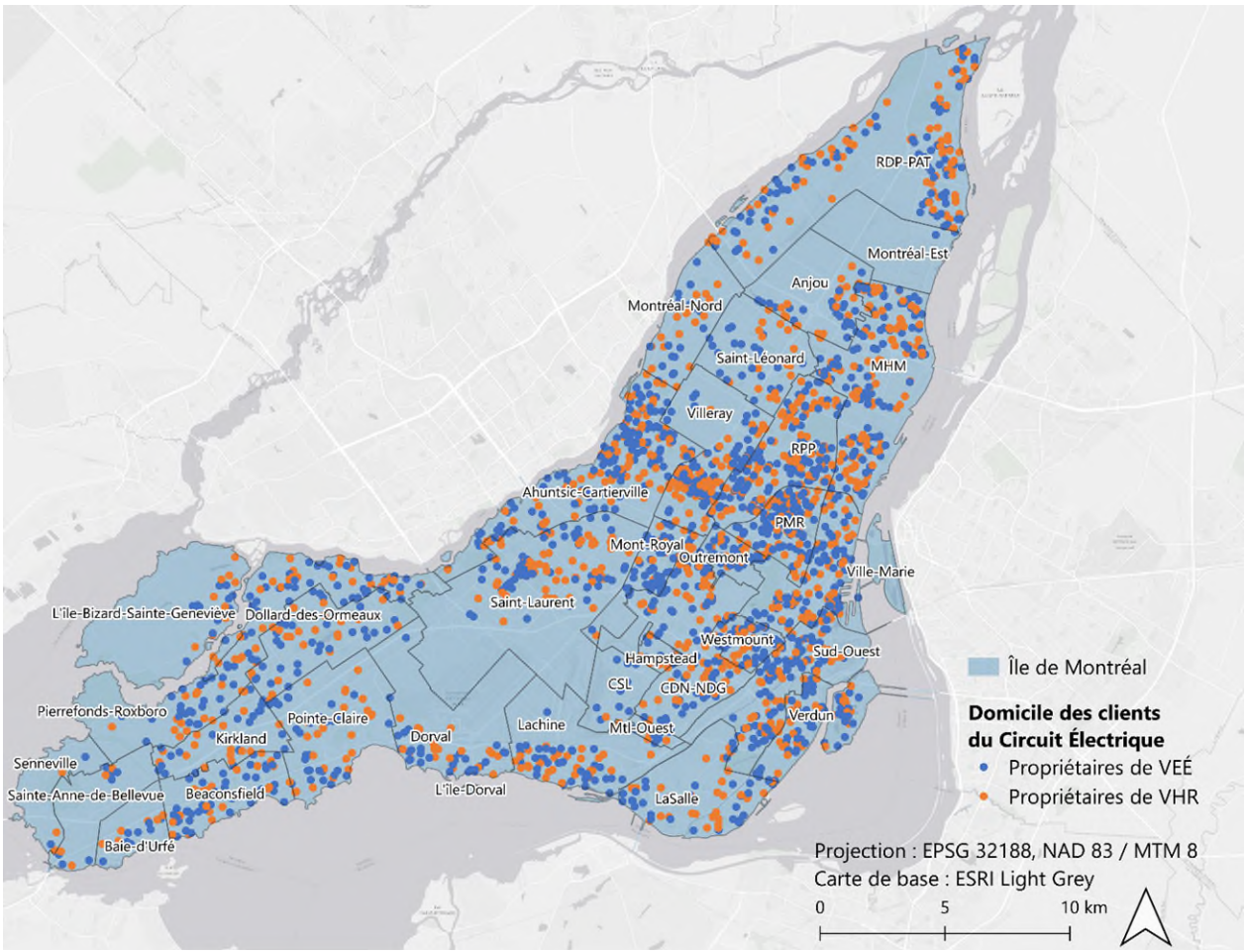

Figure 5.11 Lieu de résidence des clients du Circuit électrique résidant sur l'île de Montréal

La Figure 5.11 permet d'observer que les propriétaires de VÉ inscrits au Circuit électrique couvrent pratiquement toute la surface de l'île de Montréal, excepté pour celle occupée par l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau et les espaces naturels, tel que le Mont-Royal et le corridor écoforestier de l'île Bizard. Aucune distinction n'est notable entre la répartition spatiale des propriétaires de VEÉ et de VHR, ce qui renvoie aux conclusions de la section 5.1. Cela est confirmé en calculant la moyenne de la densité de population aux lieux de résidence des clients : 7 505 habitants/km^2 pour les propriétaires de VEÉ et 7 790 habitants/km^2 pour ceux de VHR.

Une analyse quantitative permet de produire la Figure 5.12 et de déclarer que les arrondissements de Rosemont – La Petite-Patrie, Mercier – Hochelaga-Maisonneuve et Ahuntsic-Cartierville sont ceux dans lesquels résident le plus de clients du Circuit électrique.

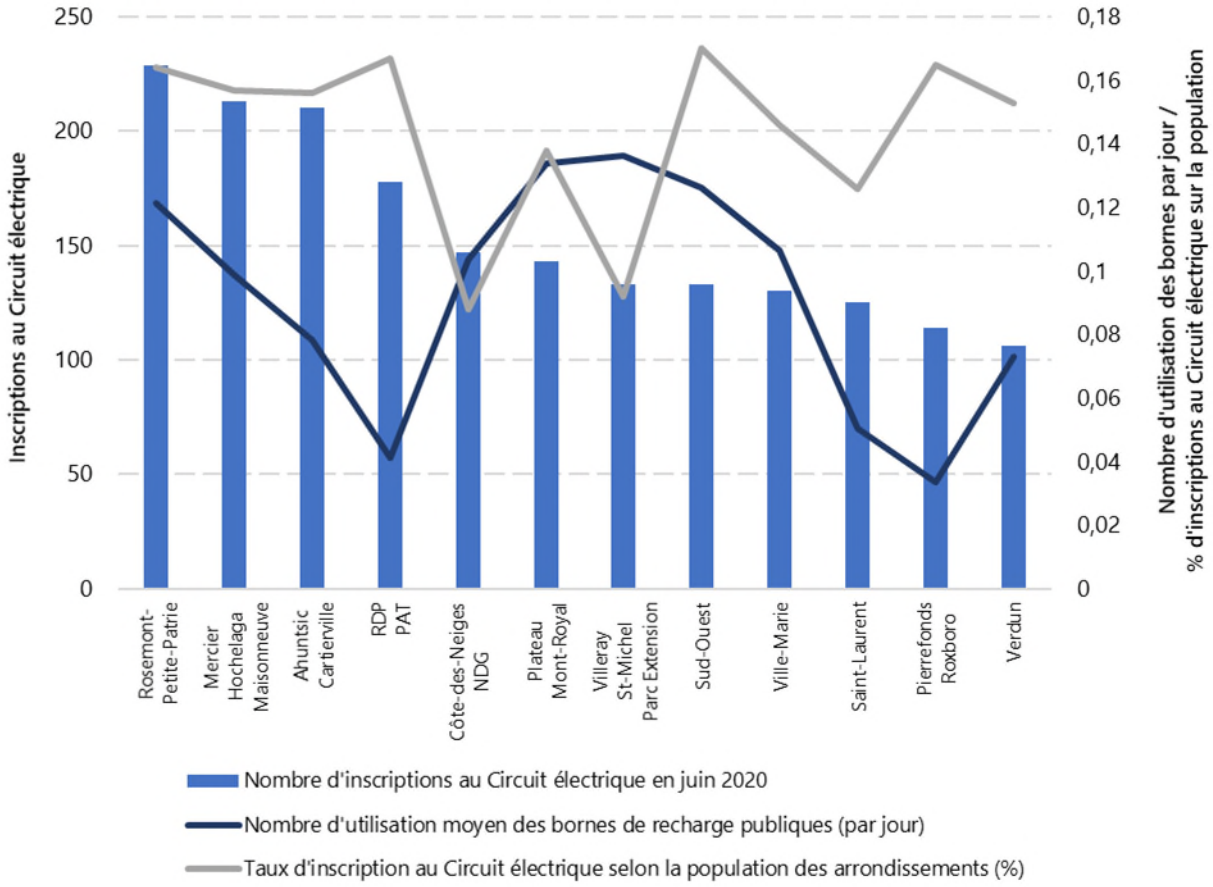

Figure 5.12 Les 12 arrondissements[17] de l'île de Montréal qui accueillent le plus de clients du Circuit électrique en juin 2020

En observant le taux d'inscription (nombre d'inscrits sur nombre de résidents total[18]), ce sont plutôt les arrondissements du Sud-Ouest, de Rivière-des-Prairies – Pointe-aux-Trembles (RDP-PAT) et de Pierrefonds-Roxboro qui occupent les trois premières positions. Enfin, en examinant le nombre d'utilisations moyen des bornes, on remarque que Villeray – Saint-Michel – Parc-Extension, le

[17] Sur un total de 33 arrondissements.

[18] Les données de population sont tirées du recensement canadien 2016 (Ville de Montréal, 2017).

Plateau Mont-Royal et le Sud-Ouest sont les zones qui arrivent en premier rang. En d'autres mots, les électromobilistes dans ces arrondissements sont moins nombreux, mais sont plus susceptibles d'utiliser les bornes de recharge publiques de Montréal.

La carte ci-dessous illustre ensuite le taux d'utilisation des bornes de recharge appartenant à la Ville de Montréal par les clients du Circuit électrique. Elle contient une carte de chaleur basée sur le lieu de domicile des clients montréalais pondéré par leur taux d'utilisation moyen des bornes.

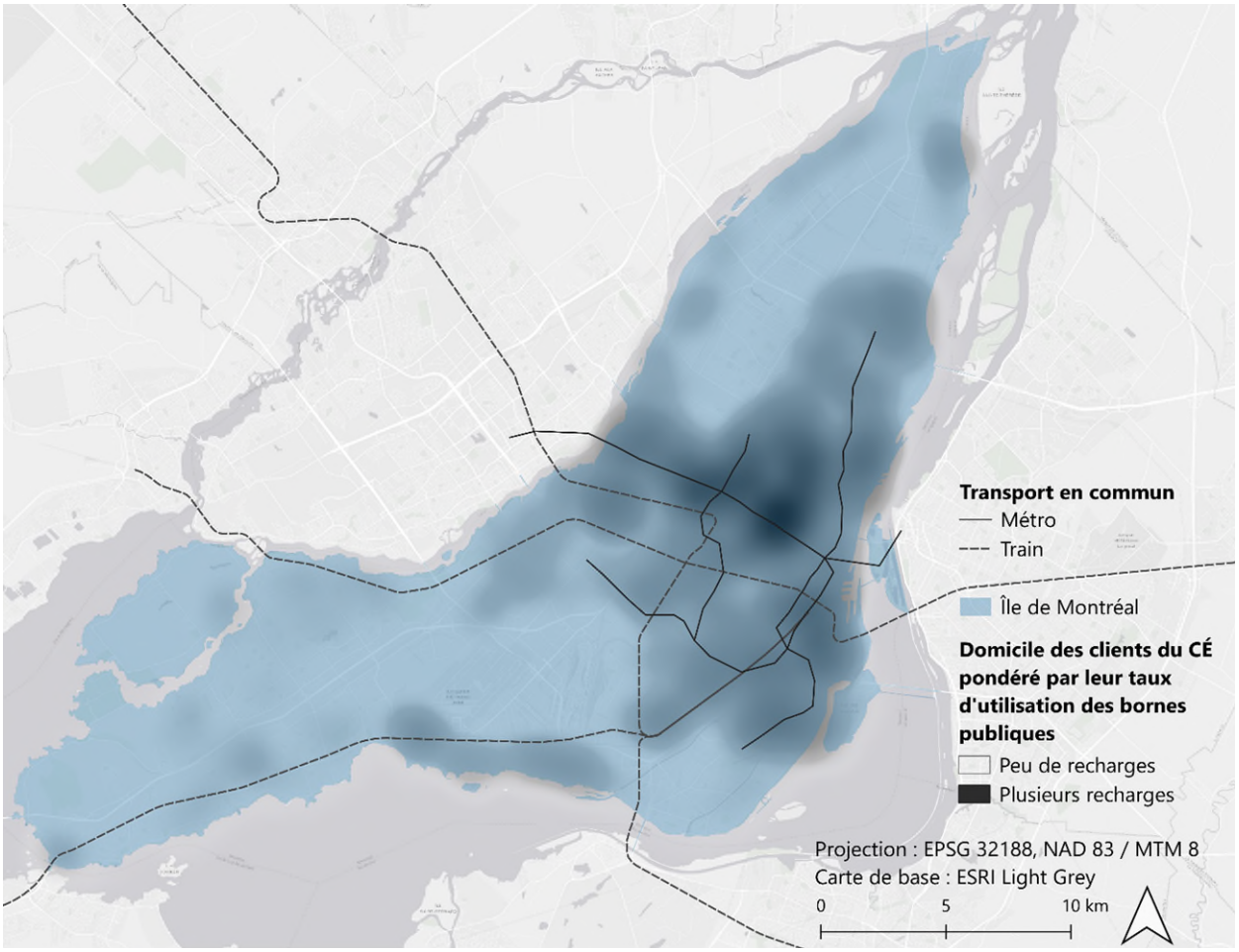

Figure 5.13 Carte de chaleur du taux d'utilisation des bornes de recharge appartenant à la Ville de Montréal par les clients du Circuit électrique

La Figure 5.13 suggère que les clients du Circuit électrique qui résident au centre de l'île de Montréal sont plus susceptibles d'utiliser les bornes de recharge publiques que leurs homologues de l'ouest et de l'est. Cela peut potentiellement s'expliquer par un accès plus probable à un garage ou à une allée de stationnement privée dans les banlieues des extrémités ouest et est et donc, à une

borne de recharge résidentielle. Une autre constatation très intéressante que nous permet cette figure est que la carte de chaleur suit les réseaux de transport en commun, plus particulièrement celui du métro. En d'autres termes, les propriétaires de VÉ ayant une meilleure accessibilité au métro utilisent plus fréquemment les bornes de recharge publiques. Encore une fois, cela pourrait être relié au fait que les ménages des quartiers centraux de l'île sont plus nombreux à stationner leur véhicule dans la rue (CRE Montréal, 2017) et donc, probablement moins nombreux à posséder une borne de recharge à domicile. Ce constat indique des pistes de recherches futures sur la corrélation entre les systèmes de transport collectif et l'utilisation des bornes de recharge.

5.3.3 Relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge et le taux d'utilisation de ces bornes

Puisque l'accessibilité constitue le cœur de ce mémoire, il importait d'analyser la relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge et le taux d'utilisation de ces bornes par les Montréalais. Ainsi, l'accessibilité objective, définie comme le nombre de bornes du Circuit électrique disponibles à une certaine distance du lieu de domicile, a été calculée pour chaque client de la base de données du Circuit électrique. Trois mesures ont été réalisées, soit à 500 m, 1 000 m et 1 500 m du lieu de résidence des clients. Il convient de rappeler que la localisation de ces lieux est approximative puisqu'elle se base sur le centroïde des codes postaux des clients et non sur une adresse exacte. Afin de relier l'accessibilité au taux d'utilisation, les coefficients de corrélation de Pearson ont été calculés et apparaissent dans le Tableau 5.3. Ainsi, on obtient une mesure de la force de la relation linéaire entre les deux variables.

Tableau 5.3 Coefficients de corrélation de Pearson entre l'accessibilité objective aux bornes de recharge du Circuit électrique et le taux d'utilisation de ces bornes par les clients

Rayon utilisé autour du domicile pour les mesures d'accessibilité	Coefficient de corrélation entre l'accessibilité objective aux bornes publiques et le taux d'utilisation de ces bornes
500 m	0,17
1 000 m	0,18
1 500 m	0,19

D'après les trois coefficients de corrélation obtenus, une meilleure accessibilité aux bornes de recharge du Circuit électrique n'inciterait pas les propriétaires actuels de VÉ à les utiliser, et ce,

peu importe le rayon d'analyse (500 m, 1 000 m ou 1 500 m). En effet, des valeurs de coefficient s'approchant de zéro signifient une faible relation entre les deux variables. Ces résultats peuvent en partie s'expliquer par la préférence des électromobilistes pour la recharge résidentielle. Ils se rapportent aux résultats du modèle de régression prédisant la possession d'un VÉ de la section 4.4.5, soit que l'accessibilité objective n'est pas un facteur déterminant à l'achat d'un VÉ.

CHAPITRE 6 DISCUSSION

Ce chapitre comporte d'abord une discussion quant aux résultats des analyses complémentaires avant d'enchaîner avec une discussion générale sur le rôle des perceptions dans le développement des VÉ.

6.1 Discussion sur les analyses complémentaires

Sur la base des données récoltées par le sondage en ligne ainsi que de données clients fournies par le Circuit électrique, le Chapitre 5 a poursuivi les analyses du Chapitre 4 au sujet des perceptions et de l'adoption des VÉ et des bornes de recharge publiques à Montréal. Dans cette section, nous revenons sur les résultats de ces analyses complémentaires de manière à les relier à la littérature et à en tirer des conclusions.

Tout d'abord, l'examen comparatif de la section 5.1 entre les 70 propriétaires de VEÉ et les 30 propriétaires de VHR suggère que ces derniers sont moins confiants envers les véhicules 100 % électriques, notamment en ce qui concerne leur autonomie et leurs besoins de recharge, ainsi qu'envers le réseau de recharge public. Ces différences de perceptions peuvent potentiellement expliquer leur différent comportement (acheter un VHR au lieu d'un VEÉ). Aucune différence n'est notable entre les variables socioéconomiques et démographiques des deux sous-groupes. Les résultats témoignent ainsi de l'importance particulière des perceptions lors de l'achat d'un véhicule rechargeable. Cette conclusion se rapporte à la théorie du comportement planifié, qui convient qu'une perception négative d'une technologie (dans notre cas, par rapport à l'autonomie et la simplicité de recharge des VÉ ainsi qu'à la fiabilité du réseau de recharge) diminue l'intention d'adopter cette technologie (Huijts et al., 2012). Elle se rattache également à la littérature, qui démontre que les individus ayant confiance envers la technologie des VÉ et l'infrastructure de recharge ou qui les évaluent positivement sont plus susceptibles de les adopter (Bhalla et al., 2018; Egbue & Long, 2012; Pradeep et al., 2021). De futures recherches pourraient se baser sur des échantillons de plus grande taille pour confirmer les résultats de cette analyse comparative et pour mieux comprendre les mécanismes derrière ces différentes perceptions. À cet effet, des analyses qualitatives basées sur des entrevues directes ou des groupes de discussion seraient avisées.

La section 5.2 a ensuite démontré que parmi les nombreux participants du sondage à avoir une expérience antérieure avec les VÉ, la majorité a apprécié leur expérience. L'expérience semble être

reliée à la façon dont la performance des VÉ est perçue et au degré de conscience du réseau de bornes de recharge publiques. Ces observations s'alignent avec la littérature, qui s'entend sur le fait que l'expérience, liée à la connaissance, influence les perceptions et l'intention d'adoption des véhicules rechargeables (He, S. et al., 2020; Huijts et al., 2012; Lin, B. Q. & Wu, 2018; Thøgersen & Ebsen, 2019). En se basant sur ce mémoire, des recherches approfondies pourraient à mieux comprendre les liens entre expérience, perceptions envers la technologie et intention d'adoption.

Puis, les réponses à une question liée à la conception des bornes de recharge sur rue à Montréal et à la question ouverte ont permis de discerner une certaine insatisfaction de la part des Montréalais quant à l'aspect visuel et technique, au nombre et à l'emplacement de ces bornes, qu'elles soient de niveau 2 ou rapides. Ces résultats suggèrent premièrement qu'une attention particulière portée à la conception des bornes ainsi qu'aux services disponibles aux alentours pourrait influencer l'adhésion des électromobilistes aux réseaux publics de recharge. L'aspect visuel des bornes de recharge et leur intégration au paysage urbain pourraient également attirer l'œil des non-propriétaires de VÉ et déteindre sur leurs perceptions. À cet effet, il serait avisé d'étudier davantage les préférences et les besoins des utilisateurs actuels et potentiels des bornes de recharge à Montréal, ainsi que l'influence du design des bornes sur leurs perceptions.

Enfin, l'analyse exploratoire des données clients du Circuit électrique de la section 5.3 dévoile que seulement 14 % des clients rechargent leur véhicule à une borne de recharge publique plus de deux fois par mois et que l'accessibilité objective aux bornes du Circuit électrique n'est pas corrélée à leur utilisation. Ces résultats se rattachent à la préférence des propriétaires actuels de VÉ pour la recharge à la maison : 70 % des électromobilistes de notre sondage ont une borne personnelle. Lopez-Behar et al. (2019) estiment de leur côté que 80 % à 90 % des recharges s'effectuent à la maison. L'analyse préliminaire de la section 5.3 a également révélé que les clients résidant dans les quartiers centraux de l'île de Montréal ou à proximité d'une ligne de métro sont plus susceptibles d'utiliser les bornes de recharge publiques que ceux qui résident dans les banlieues de l'est et de l'ouest. Ce dernier constat peut être relié au plus grand nombre de maisons unifamiliales dans les banlieues est et ouest comparativement aux zones centrales de l'île. En effet, les propriétaires de VÉ qui habitent des maisons unifamiliales sont plus susceptibles de recharger leur véhicule à la maison, car ces maisons sont souvent munies d'un stationnement privé qui rend possible l'installation d'une borne de recharge personnelle. Par exemple, aux États-Unis, les propriétaires de VÉ qui habitent en appartement vont utiliser les bornes publiques pour 52 à 81 %

de leurs recharges tandis que les propriétaires résidant dans des maisons unifamiliales vont le faire seulement de 8 à 16 % du temps. Pour les individus habitant dans des maisons attenantes, la proportion de recharges effectuées sur les bornes publiques est estimée à 17 à 34 % (Nicholas, M. et al., 2019). En bref, ces observations indiquent des pistes de recherches futures sur la corrélation entre l'environnement urbain et l'utilisation des bornes de recharge. Ces études pourraient être d'utilité pour les acteurs responsables du déploiement des bornes de recharge publiques à Montréal.

6.2 Le rôle des perceptions

Tout au long du mémoire, l'importance des perceptions dans le déploiement des VÉ est mise de l'avant. En effet, on observe dans le Chapitre 4 qu'à l'inverse des attributs socioéconomiques, la majorité des variables attitudinales et l'accessibilité subjective influencent l'intention d'adoption des VÉ. L'importance des perceptions est également démontrée dans le Chapitre 5, où on voit que celles-ci semblent différer selon le type de consommateur (s'il y a acheté un VEÉ ou un VHR), mais aussi selon l'expérience antérieure avec les VÉ. Ces résultats prouvent que la transition vers les VÉ ne dépend pas uniquement des caractéristiques techniques, économiques et environnementales des véhicules, mais aussi de la façon dont le consommateur perçoit ces caractéristiques. En d'autres mots, comme les théories de la diffusion de l'innovation et du comportement planifié le suggèrent, il faut que l'acheteur fasse confiance à la technologie et qu'il y perçoive des avantages pour en faire l'achat (Ajzen, 1991; Huijts et al., 2012; Rogers, 2003). Ce dernier constat peut aussi s'appliquer à l'infrastructure de recharge : si les conducteurs actuels et futurs de VÉ doutent de sa fiabilité ou de sa commodité, rares seront ceux qui voudront l'utiliser quotidiennement. Ces résultats rappellent la nécessité de bien informer la population sur la technologie des VÉ et sur les possibilités de recharge publique, tout en développant un réseau qui répond à leurs besoins, préférences et attentes.

Au fur et à mesure que la technologie des VÉ se développera, les perceptions et les attitudes des individus envers la technologie évolueront. D'une part, le prix des véhicules deviendra plus abordable, les modèles se multiplieront et l'autonomie et le temps de recharge de la batterie diminueront. D'autre part, les populations seront plus exposées, mieux informées et auront davantage d'exemples de réussite sur lesquels se fier. Ainsi, le développement des VÉ doit être appuyé de recherches répétées sur les facteurs et les divers contextes déterminant leur adoption (Axsen, Jonn & Kurani, 2013; Burgess et al., 2013; Fry et al., 2018).

CHAPITRE 7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

« *Remember: things can be bad, and getting better.* »

- Hans Rosling dans son livre *Factfulness* (2018)

Le présent chapitre consiste à conclure les travaux de recherche présentés dans ce mémoire. Les résultats de ces travaux ainsi que la méthodologie employée pour les obtenir sont d'abord synthétisés. Cette synthèse est suivie de la présentation des contributions et des limites de la recherche, des recommandations découlant des résultats obtenus, et enfin, de la proposition d'avenues de recherche.

7.1 Synthèse des travaux de recherche

La présente recherche visait à clarifier la relation entre l'accessibilité aux bornes de recharge publiques et les perceptions et l'adoption des VÉ par les résidents de l'île de Montréal. À la lumière des résultats obtenus, des recommandations de lignes d'action adaptées aux zones urbaines pourraient être formulées pour promouvoir les VÉ par le biais d'un réseau de recharge adéquat. Ces véhicules sont considérés comme une partie de la solution pour limiter nos émissions de gaz à effet de serre, la pollution atmosphérique et le réchauffement planétaire.

Le projet est né du besoin de la Ville de Montréal d'améliorer son plan stratégique de déploiement des bornes de recharge publiques afin d'offrir à ses citoyens des infrastructures leur étant adaptées et d'assurer une gestion optimale des fonds publics. L'étude a débuté avec une revue de littérature sur les facteurs influençant l'intention d'adoption des VÉ, avec une attention particulière sur le rôle des bornes de recharge publiques. Ces recherches ont permis de repérer deux lacunes : premièrement, la majorité des études étaient réalisées à l'échelle mondiale, nationale ou régionale et peu d'entre elles se concentraient spécifiquement sur les métropoles. Ensuite, l'accessibilité aux bornes de recharge était abordée, mais très rarement selon une dimension à la fois objective et subjective. Puisque ces recherches avaient également conclu que les facteurs contextuels jouaient un rôle important dans le marché des VÉ, les objectifs ont été définis.

D'abord, une enquête a été conçue auprès des résidents de l'île de Montréal pour recueillir de l'information sur leurs perceptions, leur possession et leur intention d'adoption des VÉ. Un

sondage en ligne a permis d'obtenir 642 réponses valides qui ont ensuite permis d'atteindre trois des quatre objectifs de ce mémoire.

Le premier objectif consistait à identifier les facteurs socioéconomiques, attitudinaux et contextuels influençant la possession et l'intention d'achat de VÉ par les Montréalais. Il a été abordé dans l'article scientifique présenté dans le Chapitre 4 et soumis pour publication à la revue *Transportation Research Part D*. Deux modèles de régression logistique ont été générés pour étudier les déterminants de (i) la possession et (ii) l'intention d'adoption des VÉ. Les résultats de ces modèles permettent de dévoiler l'influence significative des variables attitudinales comparativement à celle des variables socioéconomiques. Ils dévoilent également que les individus attirés vers les nouvelles technologies et ayant une grande conscience environnementale et un entourage composé d'électromobilistes ont davantage l'intention d'adopter la conduite électrique. La performance, l'autonomie et les coûts de recharge des VÉ sont trois autres facteurs apparaissant comme importants aux yeux des acheteurs actuels et futurs. Enfin, on observe que l'accessibilité objective aux bornes de recharge publiques n'a aucune influence sur l'intention d'achat à l'inverse de l'accès à un stationnement privé et de l'accessibilité prospective, ce qui témoigne d'une certaine méfiance des Montréalais quant au réseau de recharge actuellement implanté et quant à l'achat d'un VÉ sans la possibilité d'installer une borne chez soi.

L'article du Chapitre 4 contient ensuite une analyse de la relation entre les mesures objective, perçue et prospective d'accessibilité aux bornes de recharge publiques selon la possession automobile et répond ainsi au deuxième objectif du mémoire. Cet examen a permis de démontrer que les Montréalais ne possédant pas de VÉ sont moins conscients de la présence des bornes de recharge publiques autour de leur domicile et sous-estiment leur accessibilité à ces bornes. Cependant, ces individus s'attendent à ce que le réseau de recharge se développe dans les cinq prochaines années, ce qui pousse à conclure que malgré la faible importance qu'accordent les propriétaires actuels de VÉ (les « adopteurs précoces ») aux bornes publiques, ce pourrait être tout le contraire pour les futurs consommateurs (la « jeune majorité »).

Le Chapitre 5 débute avec une analyse comparative du profil des propriétaires de VHR et de VEÉ ayant participé à l'enquête, ce qui permet d'adresser une des limites de l'article du Chapitre 4. Alors qu'aucune différence n'est notable entre les attributs socioéconomiques et démographiques des deux sous-groupes, c'est tout le contraire pour l'autonomie, la commodité de recharge et la

performance du réseau de recharge perçus. Un deuxième examen comparatif des variables attitudinales est réalisé selon l'expérience avec les VÉ des participants non propriétaires de VÉ et permet à son tour de déceler certaines différences. Conjointement avec les conclusions des modèles de régressions, ces résultats démontrent que le développement des VÉ repose aussi bien sur leurs caractéristiques techniques, économiques et environnementales que sur les perceptions des consommateurs de ces caractéristiques.

Le Chapitre 5 répond ensuite au troisième objectif de ce mémoire en identifiant les préoccupations des Montréalais quant aux VÉ et à la conception et l'intégration urbaine des bornes de recharge publiques. En effet, les réponses au sondage en ligne révèlent que les Montréalais ne sont pas entièrement satisfaits de l'aspect visuel et technique des bornes de recharge publiques, ni de leur nombre et de leur emplacement. De plus, les propriétaires actuels de VÉ jugent que le réseau de bornes rapides n'est pas assez développé.

En s'appuyant sur des données clients fournies par le Circuit électrique, le cinquième chapitre conclut avec une analyse préliminaire de l'utilisation des bornes de recharge publiques par les propriétaires de VÉ résidant sur l'île de Montréal. Cette étude exploratoire révèle que les électromobilistes actuels, particulièrement ceux qui habitent dans les quartiers éloignés du centre de l'île, utilisent peu les bornes de recharge publiques (seulement 14 % le font plus de deux fois par mois), et ce, peu importe leur accessibilité aux bornes.

7.2 Contributions de la recherche

La contribution principale de la présente recherche réside dans une meilleure compréhension de l'influence des bornes de recharge publiques sur l'adoption des VÉ dans un contexte urbain.

Premièrement, l'étude contribue à l'identification des facteurs déterminant la possession et l'intention d'adoption des VÉ par les Montréalais. Les résultats obtenus pourraient servir aux autorités publiques québécoises lors de la priorisation et de la mise en œuvre de politiques publiques et d'incitatifs visant le déploiement de masse des VÉ et des bornes de recharge publiques. Des recommandations de telles mesures sont énoncées dans la section 7.4. L'étude cherche également à servir de base de référence pour d'autres grandes villes qui désireraient développer ou améliorer leur propre réseau public de recharge. De plus, en dépeignant les préoccupations et les attentes des citoyens de l'île de Montréal envers les bornes de recharge publiques, l'étude soutient

la Ville de Montréal, Hydro-Québec et le gouvernement québécois dans l'implantation d'un réseau public de recharge de qualité et représentatif des besoins des propriétaires de VÉ. En contribuant ainsi au déploiement stratégique des bornes de recharge, elle permet à ces acteurs de faire une utilisation rationnelle des sources de financement publiques.

En outre, en se concentrant spécifiquement sur une zone urbaine et en analysant de façon détaillée trois mesures distinctes d'accessibilité aux bornes de recharge, l'étude vient combler des lacunes dans la littérature sur les VÉ. Elle contribue aussi à la littérature en mettant de l'avant l'importance des perceptions dans le processus d'adoption des véhicules rechargeables. Ainsi, cet ouvrage agit en tant que ligne directrice pour les chercheurs souhaitant développer une meilleure compréhension de l'influence du contexte, de l'accessibilité et des perceptions sur le marché des VÉ.

En appuyant Montréal et potentiellement d'autres villes dans l'électrification de leur parc automobile ainsi que le développement de la recherche à cet effet, le mémoire s'inscrit dans les efforts visant à contribuer à l'amélioration de l'efficacité énergétique du transport routier et aux réductions ambitieuses des émissions de GES fixées par l'Accord de Paris.

7.3 Limites de la recherche

Outre celles énumérées dans la conclusion de l'article du Chapitre 4, la recherche présente certaines limites. Premièrement, les données obtenues à partir du sondage en ligne peuvent être biaisées, notamment de la possibilité que les participants aient répondu aux questions de manière négligente et aléatoire. Aucune question de contrôle n'était présente dans le questionnaire pour vérifier le sérieux des répondants, mais cela aurait pu permettre d'exclure les réponses inappliquées. Une deuxième limite reliée à la méthode de collecte de données provient du fait que les sondages en ligne sont non probabilistes, ce qui empêche la généralisation des résultats à la population générale. Enfin, le partage du questionnaire parmi la communauté étudiante de Polytechnique Montréal a mené à une surreprésentation d'experts en transports, prônant souvent la promotion de modes de transports collectifs et actifs au lieu de modes solos comme la voiture électrique.

Une autre limite de la recherche a trait aux variables explicatives recueillies par l'enquête. En effet, en consultant les réponses à la question ouverte du sondage, on remarque que certains facteurs qui n'ont pas fait l'objet d'une question spécifique semblent avoir une influence sur l'intention d'achat d'un VÉ par les Montréalais. On pense notamment à l'intention d'acheter un véhicule, qu'il soit

électrique ou conventionnel, et à la perception du caractère écologique des VÉ et de l'éventail des modèles de VÉ. De plus, la question du sondage visant les électromobilistes « possédez-vous une borne de recharge électrique à votre lieu de résidence » aurait pu être remplacée par « avez-vous la possibilité de recharger votre véhicule à votre lieu de résidence » afin d'inclure les individus rechargeant leur VÉ avec une prise conventionnelle de 120V.Il aurait également été pertinent de recueillir de l'information sur le modèle du véhicule des électromobilistes afin de valider l'analyse comparative entre les propriétaires de VEÉ et ceux de VHR. En effet, en plus de varier selon le type du véhicule, l'autonomie électrique des VÉ varie énormément selon modèle choisi. Une analyse plus précise consisterait à comparer les perceptions et les habitudes de recharge des électromobilistes selon la capacité de leur batterie et non selon le type de leur moteur. L'examen comparatif entre les propriétaires de VEÉ et ceux de VHR est également limité par la petite taille des deux échantillons (n = 70 pour les VEÉ et n = 30 pour les VHR) et agit donc en tant qu'analyse à titre exploratoire qui permet d'identifier quelques pistes de recherche pour l'avenir.

Enfin, cette recherche est limitée par l'évolution constante du marché des VÉ. En effet, la baisse rapide du prix des batteries et les avancées technologiques liées à l'autonomie et au temps de recharge pourraient rendre les résultats de cette étude caduques dans quelques années seulement. Par exemple, entre 2010 et 2019, le prix des batteries de lithium-ion a chuté de 87 % (Bloomberg New Energy Finance, 2020) et il est estimé qu'entre 2022 et 2028, le coût d'achat des VÉ devienne compétitif avec celui des véhicules à essence (Dunsky Expertise en Énergie, 2018).

Malgré ses limites, cette étude permet de tirer des constats significatifs quant à l'adoption des VÉ à Montréal et à l'implantation des infrastructures de recharge associées. Elle esquisse également des pistes à explorer lors de recherches plus approfondies sur le sujet.

7.4 Recommandations

Sur la base des conclusions tirées dans les chapitres 4 et 5, une série de recommandations peuvent être formulées en ce qui concerne la promotion des VÉ et le déploiement de l'infrastructure de recharge publique à Montréal. Ces propositions pourraient également servir à d'autres grandes villes canadiennes ou à des régions ayant un contexte similaire à celui de Montréal.

D'abord, puisqu'il a été démontré que l'accessibilité subjective aux bornes de recharge publiques était un facteur influençant la possession et l'intention d'adoption des VÉ, le financement et le

déploiement d'un réseau de bornes de recharge s'avèrent indispensables si on veut augmenter la proportion de ces véhicules dans le parc automobile privé. En plus d'approvisionner les conducteurs de VÉ en électricité et de les rendre plus à l'aise de se déplacer pendant longtemps, ce réseau suscitera la confiance des acheteurs potentiels de VÉ. Ces bornes devraient être pratiques et visibles pour les conducteurs de VÉ tout en étant esthétiquement agréables pour les acheteurs potentiels et pour éviter de nuire au paysage urbain. Selon certains participants de l'enquête, cela signifie de faciliter la manipulation des câbles, d'installer des toits au-dessus des bornes et d'assurer un nombre suffisant de services connexes. Les stations-service sont des exemples dont on pourrait s'inspirer. L'installation de bornes de recharge directement aux stations-service pourrait aussi répondre à certains des besoins énoncés par les participants du sondage et augmenterait la visibilité des VÉ auprès des conducteurs de véhicules à essence. Une recharge rapide devrait être envisagée au niveau des stations-service afin d'éviter que les véhicules restent stationnés à ces stations. Enfin, les électromobilistes de l'enquête ont, pour la plupart, déclaré qu'il n'y avait pas assez de bornes rapides à Montréal, ce qui confirme la pertinence du plan du Circuit électrique de déployer 2 500 bornes rapides à travers le Québec d'ici 2030 (Gouvernement du Québec, 2020).

Ensuite, pour attirer des consommateurs qui n'ont pas la possibilité d'installer une borne à leur domicile, la tarification aux bornes publiques devrait être révisée, soit en réduisant les coûts, en tarifant selon la quantité d'énergie au lieu du temps d'utilisation ou en offrant une tarification dynamique selon la demande de pointe. Les employeurs devraient également jouer un rôle important dans le marché des VÉ en mettant à disposition de leurs employés des bornes de recharge.

Des campagnes de vente ou des publicités non commerciales sont aussi suggérées pour augmenter la visibilité des VÉ, pour mieux informer la population sur leurs bénéfices et pour détruire les mythes quant à leur autonomie insuffisante. Des efforts devraient également être déployés pour mieux renseigner les citoyens sur la présence et l'emplacement des bornes de recharge et sur la manière de les localiser. Or, ces efforts doivent être combinés avec le déploiement du réseau de recharge et l'amélioration des bornes et de leur implantation.

Enfin, l'étude a identifié que certains Montréalais considèrent toujours le prix d'achat des VÉ comme une barrière à leur adoption et suggère que le maintien des subventions à l'achat soit nécessaire si on veut accélérer leur déploiement. Néanmoins, afin d'assurer que cette aide financière ne favorise pas l'augmentation des kilomètres parcourus, du parc automobile privé

québécois ou de la taille moyenne des véhicules personnels, les critères de subventions devraient être revus. Des mesures répulsives, telles que l'augmentation de la taxe sur l'essence, de la taxe à l'achat d'un véhicule à combustion interne ou des frais d'immatriculation, pourraient être favorisées afin d'inciter la transition vers les VZE tout en contribuant à réduire l'utilisation de l'auto solo et les inconvénients qui y sont associés.

7.5 Perspective de recherche

Ce mémoire a analysé la relation entre l'accessibilité objective et l'accessibilité subjective aux bornes de recharge publiques, mais ce, en ne faisant aucune distinction entre le profil des bornes (p. ex. puissance, emplacement, tarif, esthétisme). Des recherches ultérieures sont ainsi nécessaires pour examiner l'influence de ces aspects sur la perception des bornes, leur utilisation et l'intention d'achat des VÉ. Une attention particulière devrait être accordée au type de borne pour s'aligner avec l'évolution rapide des VÉ. En effet, avec les progrès technologiques sur l'autonomie et le temps de recharge des véhicules rechargeables, ces derniers n'auront pas les mêmes besoins dans les prochaines années et il se peut que les besoins en lien avec les bornes de recharge de niveau 2 évoluent.

Tout au long de ce mémoire, l'importance des facteurs subjectifs dans l'adoption des VÉ est clairement démontrée. Ainsi, il importe que les futures recherches concernant l'intention d'achat des VÉ mettent l'accent sur ces facteurs. Des sondages ciblés ou des entrevues directes individuelles ou en groupes de réflexion amélioreraient potentiellement la qualité des données et la compréhension des facteurs influençant les perceptions et les attitudes envers la conduite électrique et les bornes de recharge publiques. Ces études devraient être reproduites au fur et à mesure que la technologie des VÉ évoluera et que les perceptions se développeront.

La relation entre l'attitude et l'expérience avec les VÉ devrait aussi faire l'objet de futures recherches afin de prédire l'impact potentiel des essais routiers ou de l'influence sociale sur le marché des VÉ.

Il serait également intéressant de poursuivre l'analyse comparative entre les perceptions des propriétaires de VEÉ et ceux de VHR afin de pouvoir planifier le réseau de recharge de manière à répondre aux besoins de différents utilisateurs : selon la capacité de leur batterie, mais également

selon leurs besoins perçus. Cela permettrait aussi d'énoncer des politiques publiques adaptées selon le véhicule rechargeable que l'on veut supporter et ainsi, de contrôler la demande de ces véhicules.

Une autre avenue de recherche pertinente consiste à joindre les données d'utilisation des bornes de recharge par les propriétaires de VÉ avec celles de leurs perceptions envers ces bornes. On cherchera également à mieux définir les préoccupations des citoyens, qu'ils soient propriétaires ou non d'un VÉ, quant à l'aspect visuel et l'intégration urbaine des bornes de recharge publiques. Une compréhension approfondie de ces éléments permettrait d'établir des recommandations d'améliorations du réseau de recharge des grandes villes plus basées sur les besoins subjectifs des électromobilistes actuels et futurs. À mesure que le prix d'achat des VÉ va diminuer et que de plus en plus de ménages, y compris ceux sans stationnement privé, vont adopter la technologie, la demande pour les bornes de recharge publiques augmentera de plus en plus, ce qui accentuera la pertinence de ces études.

Enfin, on suggère de poursuivre les études ciblées sur les quartiers denses pour une meilleure compréhension de l'adoption des VÉ dans ces zones qui ont une culture automobile différente et qui font face à des défis supplémentaires de recharge publique dû à l'accès limité à des stationnements privés.

En conclusion, les résultats du présent mémoire ainsi que les perspectives de recherche qu'il identifie permettront aux chercheurs et aux acteurs impliqués dans l'électrification des transports de zones urbaines de mieux saisir la relation entre les infrastructures de recharge publiques, les perceptions et l'adoption des VÉ. En plus d'assurer une gestion optimale des fonds publics réservés à l'implantation des bornes de recharge, cette meilleure compréhension a le potentiel d'augmenter la proportion de ces véhicules rechargeables dans le parc automobile privé par le biais d'un réseau de recharge public efficace. De concert avec un meilleur aménagement du territoire, avec une réduction de la dépendance à l'automobile et la promotion des transports actifs et collectifs, cette électrification contribuera à l'atteinte des objectifs de l'Accord de Paris et à la lutte contre les changements climatiques.

RÉFÉRENCES

Abotalebi, E., Ferguson, M. R., Mohamed, M., & Scott, D. M. (2018). Design of a survey to assess prospects for consumer electric mobility in Canada: a retrospective appraisal. *Transportation, 47*(3), 1223-1250. https://doi.org/10.1007/s11116-018-9952-x

Achtnicht, M., Buhler, G., & Hermeling, C. (2012). The impact of fuel availability on demand for alternative-fuel vehicles. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 17*(3), 262-269. https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.12.005

Accord de Paris, (2015).

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50*(2), 179-211. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Anjos, M. F., Gendron, B., & Joyce-Moniz, M. (2020). Increasing electric vehicle adoption through the optimal deployment of fast-charging stations for local and long-distance travel. *European Journal of Operational Research, 285*(1), 263-278. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.01.055

AVÉQ. (2019). *L'électromobiliste québécois : portrait AVÉQ*. https://www.aveq.ca/actualiteacutes/sondage-2019-aupres-des-membres-de-laveq

AVÉQ. (2020). *Statistiques SAAQ-AVÉQ sur l'électromobilité au Québec en date du 31 décembre 2020*. https://www.aveq.ca/actualiteacutes/statistiques-saaq-aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-31-decembre-2020-infographie

Axsen, J., Bailey, J., & Castro, M. A. (2015). Preference and lifestyle heterogeneity among potential plug-in electric vehicle buyers. *Energy Economics, 50*, 190-201. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.05.003

Axsen, J., Cairns, J., Dusyk, N., & Goldberg, S. (2018). What drives the Pioneers? Applying lifestyle theory to early electric vehicle buyers in Canada. *Energy Research & Social Science, 44*, 17-30. https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.04.015

Axsen, J., Goldberg, S., & Bailey, J. (2016). How might potential future plug-in electric vehicle buyers differ from current "Pioneer" owners? *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 47*, 357-370. https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.05.015

Axsen, J., & Kurani, K. S. (2012). Interpersonal Influence within Car Buyers' Social Networks: Applying Five Perspectives to Plug-in Hybrid Vehicle Drivers. *Environment and Planning A: Economy and Space, 44*(5), 1047-1065. https://doi.org/10.1068/a43221x

Axsen, J., & Kurani, K. S. (2013). Hybrid, plug-in hybrid, or electric—What do car buyers want? *Energy Policy, 61*, 532-543. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.122

Bailey, J., Miele, A., & Axsen, J. (2015). Is awareness of public charging associated with consumer interest in plug-in electric vehicles? *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 36*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.02.001

Bakker, J. J. (2011). *Contesting range anxiety: the role of electric vehicle charging infrastructure in the transportation transition*, Eindhoven University of Technology].

Bhalla, P., Ali, I. S., & Nazneen, A. (2018). A Study of Consumer Perception and Purchase Intention of Electric Vehicles. *European Journal of Scientific Research, 149*(4), 362-368.

Bloomberg New Energy Finance. (2020). *Electric Vehicle Outlook 2020*. https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/

Boisjoly, G., & El-Geneidy, A. (2016). Daily fluctuations in transit and job availability: A comparative assessment of time-sensitive accessibility measures. *Journal of Transport Geography, 52*, 73-81. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.03.004

Bubeck, S., Tomaschek, J., & Fahl, U. (2016). Perspectives of electric mobility: Total cost of ownership of electric vehicles in Germany. *Transport Policy, 50*, 63-77. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.05.012

Bunce, L., Harris, M., & Burgess, M. (2014). Charge up then charge out? Drivers' perceptions and experiences of electric vehicles in the UK. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 59*, 278-287. https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.12.001

Burgess, M., King, N., Harris, M., & Lewis, E. (2013). Electric vehicle drivers' reported interactions with the public: Driving stereotype change? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 17*, 33-44. https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.09.003

Carley, S., Krause, R. M., Lane, B. W., & Graham, J. D. (2013). Intent to purchase a plug-in electric vehicle: A survey of early impressions in large US cites. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 18*(1), 39-45. https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.09.007

Carranza, F., Paturet, O., & Salera, S. (2013). *Norway, the most successful market for electric vehicles* 2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27), Barcelona, Spain. https://doi.org/10.1109/evs.2013.6915005

Carroll, S. (2011). *The Smart Move Case Studies: Description and Initial Results*. Cenex. http://cenex.s2.client.pdc.is/wp-content/uploads/2013/06/2011-11-21-Smart-Move-Case-Studies.pdf

CCMM, & Propulsion Québec. (2019). *Positionner le Québec et sa métropole comme leaders des transports électriques et intelligents*. http://ccmm.ca/etude_transports_electriques

Chassin, Y. (2013). Quebec's energy reality. *Montreal Economic Institute*. https://www.iedm.org/files/note-energy-quebec13.pdf

CIRAIG. (2014). *Comparaison des filières de production d'électricité et des bouquets d'énergie électrique* Polytechnique Montréal. https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/comparaison-filieres-et-bouquets.pdf

CIRAIG. (2016). *Analyse du cycle de vie comparative des impacts environnementaux potentiels du véhicule électrique et du véhicule conventionnel dans un contexte d'utilisation québécois*. International Reference Centre for the Life Cycle of Products Processes and Services.

Circuit électrique. (2020a). *Bancs d'essais*. https://lecircuitelectrique.com/fr/bancs-essais/

Circuit Électrique. (2020b). *Trouver une borne*. https://lecircuitelectrique.com/trouver-une-borne

Climate Transparency. (2019). *Brown to Green 2019: The G20 transition to a low-carbon economy*. https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/11/Brown-to-Green-Report-2019.pdf

CRE Montréal. (2017). *Le stationnement dans la métropole : Bâtir des connaissances pour une mobilité urbaine durable*. http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1231985.pdf

Curl, A., Nelson, J. D., & Anable, J. (2011). Does Accessibility Planning address what matters? A review of current practice and practitioner perspectives. *Research in Transportation Business & Management, 2*, 3-11. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2011.07.001

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science, 35*(8), 982-1003. https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982

DMTI Spatial Inc. (2019). *Local Delivery Units Region - CanMap Postal Code* (Version 2019.3).

Dong, J., Liu, C. Z., & Lin, Z. H. (2014). Charging infrastructure planning for promoting battery electric vehicles: An activity-based approach using multiday travel data. *Transportation Research Part C-Emerging Technologies, 38*, 44-55. https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.11.001

Dumortier, J., Siddiki, S., Carley, S., Cisney, J., Krause, R. M., Lane, B. W., . . . Graham, J. D. (2015). Effects of providing total cost of ownership information on consumers' intent to purchase a hybrid or plug-in electric vehicle. *Transportation Research Part a-Policy and Practice, 72*, 71-86. https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.12.005

Dunsky Expertise en Énergie. (2018). *Étude des incitatifs pour véhicules électriques*.

Egbue, O., & Long, S. (2012). Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions. *Energy Policy, 48*, 717-729. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.06.009

El-Geneidy, A., & Levinson, D. (2006). *Access to destinations: Development of accessibility measures*. Department of civil engineering, University of Minnesota. http://nexus.umn.edu/projects/Access/Access-FinalReport.pdf

Electric Mobility Canada. (2019). *Electric vehicle sales in Canada - Q1 2019*. Tiré de https://www.emc-mec.ca/wp-content/uploads/Sales-Report-Q1-2019.pdf

Énergie et Ressources naturelles Québec. (2019). *Importations et exportations de pétrole brut*. https://mern.gouv.qc.ca/energie

Ferguson, M., Mohamed, M., Higgins, C. D., Abotalebi, E., & Kanaroglou, P. (2018). How open are Canadian households to electric vehicles? A national latent class choice analysis with willingness-to-pay and metropolitan characterization. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 58*, 208-224. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.006

Franke, T., & Krems, J. F. (2013). What drives range preferences in electric vehicle users? *Transport Policy, 30*, 56-62. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.07.005

Fry, A., Ryley, T., & Thring, R. (2018). The Influence of Knowledge and Persuasion on the Decision to Adopt or Reject Alternative Fuel Vehicles. *Sustainability, 10*(9). https://doi.org/10.3390/su10092997

Funke, S. A., & Plötz, P. (2017). *A techno-economic analysis of fast charging needs in Germany for different ranges of battery electric vehicles* European Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Congress, Geneva.

Funke, S. Á., Sprei, F., Gnann, T., & Plötz, P. (2019). How much charging infrastructure do electric vehicles need? A review of the evidence and international comparison. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 77*, 224-242. https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.10.024

Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography, 12*(2), 127-140. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

GIEC. (2010). *Réchauffement planétaire de 1,5 °C* (Publication nº ISBN 978-92-9169-251-4). Tiré de www.ipcc.ch

GIEC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovenmental Panel on Climate Change*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

GIEC. (2019). *Frequently asked questions*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_FAQ_Low_Res.pdf

Globisch, J., Plötz, P., Dütschke, E., & Wietschel, M. (2019). Consumer preferences for public charging infrastructure for electric vehicles. *Transport Policy, 81*, 54-63. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.05.017

Gnann, T., Goldbach, D., Jakobsson, N., Plötz, P., Bennehag, A., & Sprei, F. (2016). A Model for Public Fast Charging Infrastructure Needs. *World Electric Vehicle Journal, 8*(4), 943-954. https://doi.org/10.3390/wevj8040943

Gouvernement du Québec. (2015). *Propulser le Québec par l'électricité: Plan d'action en électrification des transport 2015-2020*. Québec. Tiré de https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/electrification/Documents/PAET.pdf

Gouvernement du Québec. (2019a). *Budget 2019-2020, Plan budgétaire* (Publication nº ISBN 978-2-550-83608-7). Québec: Bibliothèque et Archives nationales du Québec. Tiré de http://www.budget.finances.gouv.qc.ca/budget/2019-2020/fr/documents/PlanBudgetaire_1920.pdf

Gouvernement du Québec. (2019b). *Découvrez les véhicules électriques*. https://vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/

Gouvernement du Québec. (2020b). *Plan pour une économie verte 2030 - Plan de mise en oeuvre 2021-2026* (Publication nº 978-2-550-86279-6). Québec: Bibliothèque et Archives nationales du Québec. Tiré de https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-economie-verte-2030.pdf?1605540555

Hackbarth, A., & Madlener, R. (2013). Consumer preferences for alternative fuel vehicles: A discrete choice analysis. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 25*, 5-17. https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.07.002

Hardman, S., Jenn, A., Tal, G., Axsen, J., Beard, G., Daina, N., . . . Witkamp, B. (2018). A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 62*, 508-523. https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.002

He, S., Luo, S., & Sun, K. K. (2020). *Factors affecting the adoption intention of electric vehicles: The roles of objective, perceived, and prospective accessibility*. https://ssrn.com/abstract=3660754

He, S. Y., Kuo, Y.-H., & Wu, D. (2016). Incorporating institutional and spatial factors in the selection of the optimal locations of public electric vehicle charging facilities: A case study of Beijing, China. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 67*, 131-148. https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.02.003

Heffner, R. R., Kurani, K. S., & Turrentine, T. S. (2007). Symbolism in California's early market for hybrid electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 12*(6), 396-413. https://doi.org/10.1016/j.trd.2007.04.003

Helmers, E., & Marx, P. (2012). Electric cars: technical characteristics and environmental impacts. *Environmental Sciences Europe, 24*(1). https://doi.org/10.1186/2190-4715-24-14

Huijts, N. M. A., Molin, E. J. E., & Steg, L. (2012). Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework. *Renewable & Sustainable Energy Reviews, 16*(1), 525-531. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.018

Hydro-Québec. (2019a). *Calculez les économies que vous pourriez faire avec un véhicule électrique*. https://www.hydroquebec.com/electrification-transport/voitures-electriques/calculez-vos-economies.html

Hydro-Québec. (2019b). *Rates for residential customers (domestic rates)*. http://www.hydroquebec.com/residential/customer-space/rates/

Hydro-Québec. (2020). *Comparaison des prix de l'électricité dans les grandes villes nord-américaines*. https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/comparaison-prix-electricite.pdf

Hydro-Québec. (2021a). *Durée et lieux de recharge des véhicules électriques*. https://www.hydroquebec.com/electrification-transport/voitures-electriques/recharge.html

Hydro-Québec. (2021b). *See how much you could save with an electric vehicle*. https://www.hydroquebec.com/transportation-electrification/electric-vehicles/calculate-your-savings.html

Institut de la statistique Québec. (2020). *06 - Montréal*. https://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/region_06/region_06_00.htm

International Energy Agency. (2020). *Global EV Outlook 2020*. https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020

Jensen, A. F., Cherchi, E., & Mabit, S. L. (2013). On the stability of preferences and attitudes before and after experiencing an electric vehicle. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 25*, 24-32. https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.07.006

Kester, J., de Rubens, G. Z., Sovacool, B. K., & Noel, L. (2019). Public perceptions of electric vehicles and vehicle-to-grid (V2G): Insights from a Nordic focus group study. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 74*, 277-293. https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.08.006

Kormos, C., Axsen, J., Long, Z., & Goldberg, S. (2019). Latent demand for zero-emissions vehicles in Canada (Part 2): Insights from a stated choice experiment. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 67*, 685-702. https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.10.010

Krause, R. M., Carley, S. R., Lane, B. W., & Graham, J. D. (2013). Perception and reality: Public knowledge of plug-in electric vehicles in 21 U.S. cities. *Energy Policy, 63*, 433-440. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.018

Langbroek, J. H. M., Franklin, J. P., & Susilo, Y. O. (2016). The effect of policy incentives on electric vehicle adoption. *Energy Policy, 94*, 94-103. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.050

Lättman, K., Olsson, L. E., & Friman, M. (2016). Development and test of the Perceived Accessibility Scale (PAC) in public transport. *Journal of Transport Geography, 54*, 257-263. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.06.015

Lättman, K., Olsson, L. E., & Friman, M. (2018). A new approach to accessibility – Examining perceived accessibility in contrast to objectively measured accessibility in daily travel. *Research in Transportation Economics, 69*, 501-511. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.06.002

Lieven, T., Mühlmeier, S., Henkel, S., & Waller, J. F. (2011). Who will buy electric cars? An empirical study in Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16*(3), 236-243. https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.12.001

Lin, B. Q., & Wu, W. (2018). Why people want to buy electric vehicle: An empirical study in first-tier cities of China. *Energy Policy, 112*, 233-241. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.026

Lin, Z. H., & Greene, D. L. (2011). Promoting the Market for Plug-In Hybrid and Battery Electric Vehicles Role of Recharge Availability. *Transportation Research Record, 2252*(2252), 49-56. https://doi.org/10.3141/2252-07

Loi favorisant l'établissement d'un service public de recharge rapide pour véhicules électriques, RLRQ 2018, c 25.

Lopez-Behar, D., Tran, M., Mayaud, J. R., Froese, T., Herrera, O. E., & Merida, W. (2019). Putting electric vehicles on the map: A policy agenda for residential charging infrastructure in Canada. *Energy Research & Social Science, 50*, 29-37. https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.11.009

MELCCC. (2018). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2016 et leur évolution depuis 1990* (Publication nº 978-2-550-82814-3). Québec: Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques. Tiré de http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2016/Inventaire1990-2016.pdf

MELCCC. (2020). *Norme véhicule zéro émission (Norme VZE): Bilan des résultats de la première période de conformité*. Gouvernement du Québec. Tiré de http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/vze/bilan-norme-vze-periode-1.pdf

MELCCC. (2021). *Fonds d'électrification et de changements climatiques (FECC)*. https://www.environnement.gouv.qc.ca/ministere/fonds-electrification-changements-climatiques/index.htm

Ménigault, C. (2014). *Quelle place pour le véhicule électrique au Québec?* , Université de Sherbrooke]. https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2014/Menigault_C__2014-05-20_.pdf

Mersky, A. C., Sprei, F., Samaras, C., & Qian, Z. (2016). Effectiveness of incentives on electric vehicle adoption in Norway. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 46*, 56-68. https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.03.011

Miele, A., Axsen, J., Wolinetz, M., Maine, E., & Long, Z. (2020). The role of charging and refuelling infrastructure in supporting zero-emission vehicle sales. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 81*. https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102275

Mohamed, M., Higgins, C., Ferguson, M., & Kanaroglou, P. (2016). Identifying and characterizing potential electric vehicle adopters in Canada: A two-stage modelling approach. *Transport Policy, 52*, 100-112. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.07.006

Mohamed, M., Higgins, C. D., Ferguson, M., & Requia, W. J. (2018). The influence of vehicle body type in shaping behavioural intention to acquire electric vehicles: A multi-group structural equation approach. *Transportation Research Part a-Policy and Practice, 116*, 54-72. https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.05.011

Moons, I., & De Pelsmacker, P. (2012). Emotions as determinants of electric car usage intention. *Journal of Marketing Management, 28*(3-4), 195-237. https://doi.org/10.1080/0267257x.2012.659007

Morrissey, P., Weldon, P., & O'Mahony, M. (2016). Future standard and fast charging infrastructure planning: An analysis of electric vehicle charging behaviour. *Energy Policy, 89*, 257-270. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.001

Nations unies. (2020). *Le Secrétaire général appelle à déclarer l'état d'urgence climatique* https://www.un.org/press/fr/2020/sgsm20498.doc.htm

Neubauer, J., & Wood, E. (2014). The impact of range anxiety and home, workplace, and public charging infrastructure on simulated battery electric vehicle lifetime utility. *Journal of Power Sources, 257*, 12-20. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.01.075

Nicholas, M., Hall, D., & Lutsey, N. (2019). *Quantifying the electric vehicle charging infrastructure gap across U.S. markets*. International Council on Clean Transportation.

Nicholas, M. A., Tal, G., & Ji, W. (2017). *Lessons from in-use fast charging data: why are drivers staying close to home?* University of California.

Pineau, P.-O., & Rahimy, O. (2021). *Déploiement des bornes de recharge rapides au Québec - État des lieux et enjeux*. Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal. https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2021/02/HEC-RAPPORT_BornesRapidesQc_web.pdf

Plötz, P., Schneider, U., Globisch, J., & Dütschke, E. (2014). Who will buy electric vehicles? Identifying early adopters in Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 67*, 96-109. https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.06.006

Pradeep, V. H., Amshala, V. T., & Raghuram Kadali, B. (2021). Does perceived technology and knowledge of maintenance influence purchase intention of BEVs. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 93*. https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102759

Programme des Nations Unies pour l'Environnement. (2020). *Emissions Gap Report 2020* (978-92-807-3812-4). https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020

Proulx, J.-M. (2014). *Évaluation de l'impact potentiel de l'implantation d'un réseau de bornes de recharge rapide pour véhicules électriques sur les autoroutes du Québec*, Université de Sherbrooke]. https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2013/Proulx_JM__2014-02-17__01.pdf

Rahman, K. M., Jurkovic, S., Stancu, C., Morgante, J., & Savagian, P. J. (2015). Design and Performance of Electrical Propulsion System of Extended Range Electric Vehicle (EREV) Chevrolet Volt. *IEEE Transactions on Industry Applications, 51*(3), 2479-2488. https://doi.org/10.1109/tia.2014.2363015

Régie de l'énergie du Canada. (2018). *Provincial and Territorial Energy Profiles*. https://www.cer-rec.gc.ca/nrg/ntgrtd/mrkt/nrgsstmprfls/qc-eng.html#s1

Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations* (4th Edition[e] éd.). Simon and Schuster.

Schuitema, G., Anable, J., Skippon, S., & Kinnear, N. (2013). The role of instrumental, hedonic and symbolic attributes in the intention to adopt electric vehicles. *Transportation Research Part a-Policy and Practice, 48*, 39-49. https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.10.004

Schwanen, T., & Mokhtarian, P. L. (2005). What affects commute mode choice: neighborhood physical structure or preferences toward neighborhoods? *Journal of Transport Geography, 13*(1), 83-99. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2004.11.001

Sheldon, T. L., & DeShazo, J. R. (2017). How does the presence of HOV lanes affect plug-in electric vehicle adoption in California? A generalized propensity score approach. *Journal of Environmental Economics and Management, 85*, 146-170. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.05.002

Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., & van Wee, B. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy, 68*, 183-194. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.043

Silvia, C., & Krause, R. M. (2016). Assessing the impact of policy interventions on the adoption of plug-in electric vehicles: An agent-based model. *Energy Policy, 96*, 105-118. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.05.039

Skippon, S., & Garwood, M. (2011). Responses to battery electric vehicles: UK consumer attitudes and attributions of symbolic meaning following direct experience to reduce psychological distance. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 16*(7), 525-531. https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.05.005

Smith, B., Olaru, D., Jabeen, F., & Greaves, S. (2017). Electric vehicles adoption: Environmental enthusiast bias in discrete choice models. *Transportation Research Part D-Transport and Environment, 51*, 290-303. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.01.008

Société de l'assurance automobile du Québec. (2019). *Immatriculer un véhicule*. https://saaq.gouv.qc.ca/immatriculation/immatriculer-vehicule/vehicule-electrique-hybride-hydrogene/

Statistiques Canada. (2017). *Quebec [Province] and Canada [Country] (table). 2016 Census Profile*. https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=E

Statistiques Canada. (2020a). Estimations de la population, trimestrielles. Tiré de https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000901. tiré de https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000901

Statistiques Canada. (2020b). Outil de visualisation des données d'immatriculations des véhicules neufs. Tiré de https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/71-607-x/71-607-x2019028-fra.htm. tiré de https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/71-607-x/71-607-x2019028-fra.htm

Steg, L. (2005). Car use: lust and must. Instrumental, symbolic and affective motives for car use. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 39*(2-3), 147-162. https://doi.org/10.1016/j.tra.2004.07.001

Tal, G., & Nicholas, M. A. (2013). *Studying the PEV Market in California: Comparing the PEV, PHEV and Hybrid Markets* EVS27 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, Barcelona, Spain.

Tal, G., Nicholas, M. A., Davies, J., & Woodjack, J. (2014). Charging Behavior Impacts on Electric Vehicle Miles Traveled: Who Is Not Plugging In? *Transportation Research Record, 2454*(2454), 53-60. https://doi.org/10.3141/2454-07

Thøgersen, J., & Ebsen, J. V. (2019). Perceptual and motivational reasons for the low adoption of electric cars in Denmark. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 65*, 89-106. https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.07.017

Transports Canada. (2020). *Véhicules zéro émission*. https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-zero-emission

Tseng, H. K., Wu, J. S., & Liu, X. S. (2013). Affordability of electric vehicles for a sustainable transport system: An economic and environmental analysis. *Energy Policy, 61*, 441-447. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.026

United Nations Climate Change. (2020). *Accord de Paris - État des ratifications*. https://unfccc.int/fr/node/513

van Wee, B. (2016). Accessible accessibility research challenges. *Journal of Transport Geography, 51*, 9-16. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.018

Ville de Montréal. (2017). *Population et démographie*. https://ocpm.qc.ca/sites/ocpm.qc.ca/files/pdf/P85/3.3_population_et_demographie.pdf

Ville de Montréal. (2021). *Véhicules électriques : bornes de recharge*. http://www1.ville.montreal.qc.ca/banque311/content/v%C3%A9hicules-%C3%A9lectriques-bornes-de-recharge

Virta. (2019). *The global electric vehicle market in 2019: statistics & forecasts*. https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market

Wee, S., Coffman, M., & La Croix, S. (2018). Do electric vehicle incentives matter? Evidence from the 50 U.S. states. *Research Policy, 47*(9), 1601-1610. https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.05.003

Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2020). *État de l'énergie au Québec 2020*. Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal. https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2020/02/EEQ2020_WEB.pdf

Winkelman, S., DeWeese, J., & El-Geneidy, A. (2019). *Car-oriented sprawl increases driving and GHGs in greater Montreal*. https://www.greenresilience.com/montreal-sprawl

Zahabi, S. A. H., Miranda-Moreno, L., Barla, P., & Vincent, B. (2014). Fuel economy of hybrid-electric versus conventional gasoline vehicles in real-world conditions: A case study of cold cities in Quebec, Canada. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 32*, 184-192. https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.07.007

Zahabi, S. A. H., Miranda-Moreno, L., Patterson, Z., & Barla, P. (2015). Spatio-temporal analysis of car distance, greenhouse gases and the effect of built environment: A latent class regression analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 77*, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.002

ANNEXE A SONDAGE SUR LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES À MONTRÉAL

Cette annexe contient la version française du questionnaire utilisé dans le cadre de l'enquête réalisée auprès des Montréalais. La version anglaise peut être fournie sur demande.

Sondage sur les véhicules électriques à Montréal

Jalon MTL et Polytechnique Montréal mènent une étude auprès des Montréalais sur les **véhicules électriques**.

Nous vous invitons à participer à ce court sondage qui permettra à Jalon MTL de mieux comprendre les préoccupations et les besoins des Montréalais quant aux véhicules électriques. Cette recherche est menée par Pénélope Renaud-Blondeau, étudiante à la maîtrise à Polytechnique Montréal, et les professeures Geneviève Boisjoly et Hanane Dagdougui.

Il est à noter que le sondage se base sur les habitudes de mobilité des Montréalais avant le confinement associé à la COVID-19.

Compléter ce sondage requiert environ **15 minutes**. Votre participation est volontaire, vous êtes donc libre de refuser d'y participer et pouvez à tout moment vous en retirer.

Veuillez noter que ce sondage s'adresse aux participants **âgés de 18 ans et plus détenant un permis de conduire valide et résidant sur l'île de Montréal**.

Consentement à être inclus(e) dans cette étude

En remplissant ce questionnaire, vous indiquez votre consentement à participer à cette étude. Toutes les données demeureront confidentielles et seront sauvegardées sur des ordinateurs sécurisés par mot de passe. En raison de l'anonymat des réponses, il n'est plus possible de se retirer de l'enquête une fois que vous avez soumis votre questionnaire. Les répondants ne seront identifiés dans aucun rapport ou publication. Pour plus de détails, vous pouvez consulter le formulaire d'information et de consentement en cliquant sur ce lien (/upload/surveys/556852/files/Formulaire%20d'information%20et%20de%20consentement_Sondage%20sur%20les%20v%C3%A9hicules%20%C3%A9lectriques%20%C3%A0%20Montr%C3%A9al.pdf).

Si vous avez des questions concernant la présente activité de recherche, vous pouvez communiquer avec Geneviève Boisjoly au (514) 340-4711, poste 4802, ou encore par courriel à gboisjoly@polymtl.ca (mailto:gboisjoly@polymtl.ca).

Si vous avez des questions concernant votre participation à l'activité de recherche, vous pouvez communiquer avec la présidente du Comité d'éthique de la recherche de Polytechnique Montréal, Mme Farida Cheriet au (514) 340-4711, poste 4277, ou encore par courriel à farida.cheriet@polymtl.ca (mailto:farida.cheriet@polymtl.ca).
Il y a 36 questions dans ce questionnaire

Profil conducteur

Cette section vise à mieux comprendre vos habitudes de mobilité **avant le confinement** associé à la COVID-19.

[]En vous incluant, combien de personnes y a-t-il dans votre ménage ? *

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veuillez écrire votre réponse ici :

[]Quelle était votre occupation principale avant le confinement ? *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Employé(e) à temps plein (30h et plus/semaine)
- ◯ Employé(e) à temps partiel (moins de 30h/semaine)
- ◯ À la maison ou sans emploi
- ◯ Étudiant(e)
- ◯ Retraité(e)
- ◯ Autre

[]Possédez-vous un véhicule automobile (achat ou location) ? *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Oui
- ◯ Non

[]À quelle fréquence utilisiez-vous un service d'autopartage avant le confinement (ex: Communauto) ? *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Toujours
- ◯ Souvent
- ◯ Parfois
- ◯ Rarement
- ◯ Jamais

[]
Quel type de véhicule automobile possédez-vous ?
*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Oui' à la question '3 [Q201]' (Possédez-vous un véhicule automobile (achat ou location) ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Véhicule conventionnel (à essence)
- ◯ Véhicule hybride sans possibilité de recharge (ex: Toyota Prius, Corolla hybride)
- ◯ Véhicule hybride rechargeable (ex: Toyota Prius Prime, Chevrolet VOLT, Mitsubishi Outlander, PHEV)
- ◯ Véhicule entièrement électrique (ex: Tesla, Nissan LEAF, e-Golf, Chevrolet BOLT)
- ◯ Véhicule à pile à combustible alimentée à l'hydrogène (ex: Toyota Mirai)
- ◯ Autre [ ]

[]
Combien de véhicules automobiles possède votre ménage, en incluant le vôtre, et quel est le type de ces véhicules ?

* Entrez le nombre de véhicules de chaque type que votre ménage possède (les véhicules automobiles n'incluent pas les vélos ou les motocyclettes).

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était supérieure à '1' à la question '1 [Q108]' (En vous incluant, combien de personnes y a-t-il dans votre ménage ?) *et* La réponse était 'Oui' à la question '3 [Q201]' (Possédez-vous un véhicule automobile (achat ou location) ?)

Veuillez écrire votre(vos) réponse(s) ici :

Véhicule conventionnel (à essence)

[ ]

Véhicule hybride sans possibilité de recharge (ex: Toyota Prius, Corolla hybride)

[ ]

Véhicule hybride rechargeable (ex: Toyota Prius Prime, Chevrolet VOLT, Mitsubishi Outlander, PHEV)

[ ]

Véhicule entièrement électrique (ex: Tesla, Nissan LEAF, e-Golf, Chevrolet BOLT)

[ ]

Véhicule à pile à combustible alimentée à l'hydrogène (ex: Toyota Mirai)

[ ]

Autre

[ ]

[]
Combien de véhicules automobiles possède votre ménage et quel est le type de ces véhicules ?

* Entrez le nombre de véhicules de chaque type que votre ménage possède (les véhicules automobiles n'incluent pas les vélos ou les motocyclettes).

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était supérieure à '1' à la question '1 [Q108]' (En vous incluant, combien de personnes y a-t-il dans votre ménage ?) *et* La réponse était 'Non' à la question '3 [Q201]' (Possédez-vous un véhicule automobile (achat ou location) ?)

Veuillez écrire votre(vos) réponse(s) ici :

Véhicule conventionnel (à essence)

[ ]

Véhicule hybride sans possibilité de recharge (ex: Toyota Prius, Corolla hybride)

[ ]

Véhicule hybride rechargeable (ex: Toyota Prius Prime, Chevrolet VOLT, Mitsubishi Outlander, PHEV)

[ ]

Véhicule entièrement électrique (ex: Tesla, Nissan LEAF, e-Golf, Chevrolet BOLT)

[ ]

Véhicule à pile à combustible alimentée à l'hydrogène (ex: Toyota Mirai)

[ ]

Autre

[ ]

[]Pendant une semaine (lundi à dimanche) typique de février (avant le confinement), combien de jours en moyenne utilisiez-vous un véhicule automobile en tant que conducteur ou passager ? *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ 0 jour
- ◯ 1 jour
- ◯ 2 jours
- ◯ 3 jours
- ◯ 4 jours
- ◯ 5 jours
- ◯ 6 jours

◯ 7 jours

[]
Avez-vous déjà conduit un véhicule électrique (véhicule entièrement électrique ou véhicule hybride rechargeable) ?

*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Véhicule conventionnel (à essence)' *ou* 'Véhicule hybride sans possibilité de recharge (ex: Toyota Prius, Corolla hybride)' *ou* 'Véhicule à pile à combustible alimentée à l'hydrogène (ex: Toyota Mirai) ' *ou* 'Autre' à la question '5 [Q203]' (Quel type de véhicule automobile possédez-vous ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

◯ Jamais
◯ Rarement
◯ Parfois
◯ Souvent

[]Dans quel(s) contexte(s) avez-vous conduit un véhicule électrique ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Véhicule à pile à combustible alimentée à l'hydrogène (ex: Toyota Mirai) ' *ou* 'Véhicule hybride sans possibilité de recharge (ex: Toyota Prius, Corolla hybride)' *ou* 'Véhicule conventionnel (à essence)' *ou* 'Autre' à la question '5 [Q203]' (Quel type de véhicule automobile possédez-vous ?) *et* La réponse n'était pas 'Jamais' à la question '9 [Q207]' (Avez-vous déjà conduit un véhicule électrique (véhicule entièrement électrique ou véhicule hybride rechargeable) ?)

Cochez la ou les réponses

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

☐ Essai routier
☐ Service d'autopartage (ex : Communauto)
☐ Voiture d'une connaissance
☐ Autre: [ ]

[]Veuillez noter l'appréciation de votre expérience en tant que conducteur d'un véhicule électrique. *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Véhicule conventionnel (à essence)' *ou* 'Véhicule hybride sans possibilité de recharge (ex: Toyota Prius, Corolla hybride)' *ou* 'Véhicule à pile à combustible alimentée à l'hydrogène (ex: Toyota Mirai) ' *ou* 'Autre' à la question '5 [Q203]' (Quel type de véhicule automobile possédez-vous ?) *et* La réponse n'était pas 'Jamais' à la question '9 [Q207]' (Avez-vous déjà conduit un véhicule électrique (véhicule entièrement électrique ou véhicule hybride rechargeable) ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

◯ Très désagréable
◯ Désagréable
◯ Neutre
◯ Agréable
◯ Très agréable

[]Avez-vous déjà été passager d'un véhicule électrique (véhicule entièrement électrique ou véhicule hybride rechargeable) ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Véhicule hybride sans possibilité de recharge (ex: Toyota Prius, Corolla hybride)' *ou* 'Véhicule conventionnel (à essence)' *ou* 'Véhicule à pile à combustible alimentée à l'hydrogène (ex: Toyota Mirai) ' *ou* 'Autre' à la question '5 [Q203]' (Quel type de véhicule automobile possédez-vous ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

◯ Jamais
◯ Rarement
◯ Parfois
◯ Souvent

[]Dans quel(s) contexte(s) avez-vous été passager d'un véhicule électrique ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Véhicule conventionnel (à essence)' *ou* 'Véhicule hybride sans possibilité de recharge (ex: Toyota Prius, Corolla hybride)' *ou* 'Véhicule à pile à combustible alimentée à l'hydrogène (ex: Toyota Mirai) ' *ou* 'Autre' à la question '5 [Q203]' (Quel type de véhicule automobile possédez-vous ?) *et* La réponse était 'Rarement' *ou* 'Parfois' *ou* 'Souvent' à la question '12 [Q208]' (Avez-vous déjà été passager d'un véhicule électrique (véhicule entièrement électrique ou véhicule hybride rechargeable) ?)

Cochez la ou les réponses

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

☐ Essai routier
☐ Service d'autopartage (ex : Communauto)
☐ Voiture d'une connaissance

☐ Autre:

[]Veuillez noter l'appréciation de votre expérience en tant que passager d'un véhicule électrique. *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Véhicule conventionnel (à essence)' *ou* 'Véhicule hybride sans possibilité de recharge (ex: Toyota Prius, Corolla hybride)' *ou* 'Véhicule à pile à combustible alimentée à l'hydrogène (ex: Toyota Mirai) ' *ou* 'Autre' à la question '5 [Q203]' (Quel type de véhicule automobile possédez-vous ?) *et* La réponse était 'Rarement' *ou* 'Parfois' *ou* 'Souvent' à la question '12 [Q208]' (Avez-vous déjà été passager d'un véhicule électrique (véhicule entièrement électrique ou véhicule hybride rechargeable) ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Très désagréable
- ◯ Désagréable
- ◯ Neutre
- ◯ Agréable
- ◯ Très agréable

[]
Pendant une semaine typique de février (avant le confinement), quel est le mode de transport principal que vous utilisiez pour vous rendre au travail ou à l'école ?
*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Employé(e) à temps partiel (moins de 30h/semaine)' *ou* 'Employé(e) à temps plein (30h et plus/semaine) ' *ou* 'Étudiant(e)' à la question '2 [Q106]' (Quelle était votre occupation principale avant le confinement ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Voiture-conducteur
- ◯ Voiture-passager
- ◯ Transport en commun (ex: autobus, métro, train de banlieue)
- ◯ Vélo
- ◯ Marche
- ◯ Autre

[]Avez-vous accès à un garage privé dans votre lieu de résidence ?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Oui
- ◯ Non

[]Avez-vous accès à une allée de stationnement privée à votre lieu de résidence ?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Oui
- ◯ Non

[]Avez-vous accès à une borne de recharge électrique à votre lieu de travail ou d'études, fournie par votre employeur / école ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Employé(e) à temps partiel (moins de 30h/semaine)' *ou* 'Employé(e) à temps plein (30h et plus/semaine) ' *ou* 'Étudiant(e)' à la question '2 [Q106]' (Quelle était votre occupation principale avant le confinement ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Oui
- ◯ Non
- ◯ Je ne sais pas

[]Possédez-vous une borne de recharge électrique à votre lieu de résidence ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
((Q203.NAOK (/index.php/admin/questions/sa/view/surveyid/556852/gid/415/qid/7745) == "A2" or Q203.NAOK (/index.php/admin/questions/sa/view/surveyid/556852/gid/415/qid/7745) == "A3"))

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Oui
- ◯ Non

[]Utilisez-vous une ou des application(s) mobile(s) permettant de trouver des bornes de recharge électrique (chargehub, plugshare) ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

((Q203.NAOK (/index.php/admin/questions/sa/view/surveyid/556852/gid/415/qid/7745) == "A2" or Q203.NAOK (/index.php/admin/questions/sa/view/surveyid/556852/gid/415/qid/7745) == "A3"))

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Jamais
- ◯ Rarement
- ◯ Parfois
- ◯ Souvent
- ◯ Toujours

[]

De façon générale (avant le confinement), quel(s) mode(s) de transport utilisiez-vous le plus souvent au cours d'une année ?

Classez les modes par ordre croissant d'utilisation, 1 étant le mode que vous utilisiez le plus souvent. Si vous n'utilisez jamais un des modes, laissez sa case vide.

* Par "véhicule électrique", nous entendons un véhicule entièrement électrique (ex : Tesla, Nissan LEAF, e-Golf, Chevrolet BOLT) ou un véhicule hybride rechargeable (ex : Toyota Prius Prime, Chevrolet VOLT, Mitsubishi Outlander, PHEV).

	Véhicule privé conventionnel (à essence)	Véhicule privé électrique	Autopartage (ex: Communauto)	Transport en commun (ex: autobus, métro, train de banlieue)	Vélo	Marche	Autre (spécifiez
De façon générale, au cours d'une année							

[]

De façon générale, quel(s) mode(s) de transport prévoyez-vous utiliser dans les prochaines années ?

Classez les modes par ordre croissant d'utilisation, 1 étant le mode que vous prévoyez utiliser le plus souvent. Si vous comptez ne jamais utiliser un des modes, laissez sa case vide.

* Par "véhicule électrique", nous entendons un véhicule entièrement électrique (ex : Tesla, Nissan LEAF, e-Golf, Chevrolet BOLT) ou un véhicule hybride rechargeable (ex : Toyota Prius Prime, Chevrolet VOLT, PHEV).

	Véhicule privé conventionnel (à essence)	Véhicule privé électrique	Autopartage (ex: Communauto)	Transport en commun (ex: autobus, métro, train de banlieue)	Vélo	Marche	Autre (spécifie
Dans les prochaines années							

Questions sur les véhicules électriques

Cette section vise à mieux comprendre vos connaissances et votre perception par rapport aux véhicules électriques.

[]Dans quelle mesure êtes-vous en accord avec les énoncés suivants : *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Totalement en désaccord	En désaccord	Ni en désaccord ni d'accord	D'accord	Totalement d'accord	Je ne sais pas
J'ai besoin de changer mes habitudes de vie pour protéger l'environnement.	○	○	○	○	○	○
Plusieurs personnes autour de moi achètent des véhicules électriques.	○	○	○	○	○	○
Le coût d'achat d'un véhicule électrique est trop élevé.	○	○	○	○	○	○
Je suis capable de reconnaître un véhicule électrique dans la rue.	○	○	○	○	○	○
La performance des véhicules électriques (accélération, confort, etc.) est meilleure que celle des véhicules à essence.	○	○	○	○	○	○
Les incitatifs financiers offerts par le gouvernement lors de l'achat ou de la location d'un véhicule électrique sont suffisants.	○	○	○	○	○	○
Les coûts d'utilisation d'un véhicule électrique sont trop élevés (électricité).	○	○	○	○	○	○

[]Dans quelle mesure êtes-vous en accord avec les énoncés suivants : *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Totalement en désaccord	En désaccord	Ni en désaccord ni d'accord	D'accord	Totalement d'accord	Je ne sais pas
Le délai d'attente pour l'obtention d'un véhicule électrique est trop long.	○	○	○	○	○	○
Les véhicules électriques n'ont pas assez d'autonomie.	○	○	○	○	○	○
Les coûts de maintenance d'un véhicule électrique sont trop élevés.	○	○	○	○	○	○
Je me considère comme un adepte des nouvelles technologies.	○	○	○	○	○	○
Je considère que recharger un véhicule électrique lors de mes déplacements est trop long ou trop compliqué.	○	○	○	○	○	○
Je préfère utiliser des voitures électriques à des voitures conventionnelles lorsque j'utilise un service d'autopartage.	○	○	○	○	○	○
Mon prochain achat de véhicule sera sur un véhicule électrique.	○	○	○	○	○	○
Je considère maintenant m'acheter un véhicule, car je crois que les véhicules électriques me permettent de minimiser mon empreinte écologique.	○	○	○	○	○	○

Questions sur les bornes de recharge électrique

Cette section vise à mieux comprendre vos connaissances et votre perception par rapport aux bornes de recharge électrique sur rue.

[]Dans quelle mesure êtes-vous en accord avec les énoncés suivants : *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Totalement en désaccord	En désaccord	Ni en désaccord ni d'accord	D'accord	Totalement d'accord	Je ne sais pas
Il n'y a pas assez de bornes de recharge électrique dans les rues avoisinant mon lieu de résidence.	○	○	○	○	○	○
Il n'y a pas assez de bornes de recharge électrique dans les rues avoisinant mon lieu de travail / d'études.	○	○	○	○	○	○
Il y a trop de bornes de recharge électrique à Montréal.	○	○	○	○	○	○
Il n'y a pas assez de bornes de recharge électrique rapides (400V) à Montréal.	○	○	○	○	○	○
J'aime mieux utiliser une borne rapide (400V) qu'une borne standard (240V), même si cela est plus cher.	○	○	○	○	○	○
Lorsque je me promène dans la rue, je remarque les bornes de recharge électrique.	○	○	○	○	○	○

[]Dans quelle mesure êtes-vous en accord avec les énoncés suivants : *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Totalement en désaccord	En désaccord	Ni en désaccord ni d'accord	D'accord	Totalement d'accord	Je ne sais pas
Il y a au moins une borne de recharge électrique dans un rayon de 500 m de chez moi.	○	○	○	○	○	○
Les bornes de recharge électrique à Montréal sont difficiles à trouver.	○	○	○	○	○	○
Je m'attends à ce qu'il y ait assez de bornes de recharge électrique à Montréal dans les cinq prochaines années.	○	○	○	○	○	○
L'utilisation des bornes de recharge électrique me semble trop compliqué.	○	○	○	○	○	○
L'utilisation des bornes de recharge électrique est trop compliqué.	○	○	○	○	○	○
Il y a assez de services autour des bornes (toilettes, restaurants, abris, etc.).	○	○	○	○	○	○

[]

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sur 10, comment évaluez-vous le design (aspect visuel) des bornes de recharge électrique dans les rues de Montréal ?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Profil général

[]À quel genre vous identifiez-vous ? *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Féminin
- ◯ Masculin
- ◯ Genre fluide, non-binaire ou bispirituel
- ◯ Je préfère ne pas répondre

[]Quelle est votre année de naissance ?

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veuillez écrire votre réponse ici :

[]Quel est votre état civil ? *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Marié(e)
- ◯ En couple
- ◯ Célibataire
- ◯ Autre

[]Sur la carte, où se situe votre lieu de résidence ?

Veuillez écrire votre réponse ici :

[]Sur la carte, où se situe votre lieu de travail / d'études ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Employé(e) à temps plein (30h et plus/semaine) ' *ou* 'Employé(e) à temps partiel (moins de 30h/semaine)' *ou* 'Étudiant(e)' à la question '2 [Q106]' (Quelle était votre occupation principale avant le confinement ?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[]Quel est le plus haut niveau de scolarité que vous avez complété ? *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ Aucune scolarité formelle
- ◯ École primaire
- ◯ École secondaire
- ◯ Diplôme d'études collégiales
- ◯ Baccalauréat
- ◯ Diplôme d'études supérieures
- ◯ Autre

[]Quel a été le revenu de votre ménage en 2019 ? *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ◯ < 20 000$
- ◯ Entre 20 000$ et 40 000$
- ◯ Entre 40 001$ et 60 000$
- ◯ Entre 60 001$ et 80 000$
- ◯ Entre 80 001$ et 100 000$
- ◯ Entre 100 001$ et 120 000$
- ◯ > 120 000$
- ◯ Préfère ne pas répondre

[]Combien d'enfants (- 18 ans) y a-t-il dans votre ménage ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était supérieure à '1' à la question '1 [Q108]' (En vous incluant, combien de personnes y a-t-il dans votre ménage ?)

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veuillez écrire votre réponse ici :

Questions ouvertes

[]Avez-vous des commentaires ou suggestions concernant les bornes de recharge ou les véhicules électriques à Montréal ?

Veuillez écrire votre réponse ici :

Merci de votre participation au sondage sur les véhicules électriques à Montréal. Jalon MTL, en collaboration avec Polytechnique Montréal, utilisera les résultats de ce sondage afin de développer des recommandations visant l'amélioration du réseau de bornes de recharge sur rue.

Les résultats de ce sondage seront disponibles sur https://jalonmtl.org/ (https://jalonmtl.org/).

Une copie du formulaire d'information et de consentement est disponible en cliquant ici (/upload/surveys/556852/files/Formulaire%20d'information%20et%20de%20consentement_Sondage%20sur%20les%20v%C3%A9hicules%20%C3%A9lectriques%20%C3%A0%20Montr%C3%A9al.pdf).

N'hésitez pas à partager ce sondage auprès de votre entourage : https://opinion.polymtl.ca/index.php/556852?lang=fr (https://opinion.polymtl.ca/index.php/556852?lang=fr).

01/09/2020 – 00:00

Envoyer votre questionnaire.
Merci d'avoir complété ce questionnaire.