
OBSTACLES ET LEVIERS AUX CHANGEMENTS DE COMPORTEMENTS DES QUÉBÉCOIS : TRANSITION VERS UNE MOBILITÉ DURABLE

Sérgio da Silva
Claudia Déméné
Isabelle Lessard
Jérôme Laviolette

Juillet 2018

OBSTACLES ET LEVIERS AUX CHANGEMENTS DE COMPORTEMENTS DES QUÉBÉCOIS : TRANSITION VERS UNE MOBILITÉ DURABLE

Membres de l'équipe de recherche

Luce Beaulieu, M.Sc., CIRODD

Claudia Déméné, Ph.D., Université Laval

Fabien Durif, Ph.D., UQÀM

Jérôme Laviolette, M.Sc. A, Fondation David Suzuki

Isabelle Lessard, Ph.D., RNCREQ

Vincent Moreau, RNCREQ

Catherine Morency, Ph. D., Polytechnique Montréal

Auteurs du rapport

Sérgio da Silva, candidat à la maîtrise en design, Université Laval.

Claudia Déméné, professeure adjointe, Université Laval

Isabelle Lessard, directrice des partenariats et des projets, RNCREQ

Jérôme Laviolette, David Suzuki Fellow

Révision

Claudia Déméné, Ph.D.

Isabelle Lessard, Ph.D.

Jérôme Laviolette, M.Sc. A

Pierre Olivier Roy, Ph.D., B. Ing.

Juillet 2018

Résumé

L'automobile, mode de transport dominant dans les pays occidentaux, permet depuis plus d'un demi-siècle de répondre aux besoins croissants d'individualité, d'indépendance et de flexibilité des individus, tout en reflétant un certain statut social. Malgré les nombreux avantages liés à son utilisation en termes d'autonomie, de sécurité et de confort, ce mode de transport est à l'origine de plusieurs conséquences négatives sur la santé humaine (ex. asthmes, risque de blessure), sur la qualité de vie des individus (ex. pollution sonore et visuelle et risques d'accidents) et sur l'environnement (ex. pollution de l'air, émissions de GES). Alors que tous les acteurs de la société (politiques, académiques, associatifs, etc.) sont résolument animés par une volonté de soutenir une transition douce vers des comportements de mobilité durable, plusieurs obstacles s'érigent devant eux.

Parmi eux, l'auto solo qui est défini par l'utilisation d'une automobile de façon individuelle. Il s'agit d'un comportement de mobilité particulièrement répandu auprès des citoyens des grandes villes occidentales et demeure l'une des principales raisons de la congestion routière. Par ailleurs, la périurbanisation, phénomène de croissance périphérique aux alentours de grandes villes, génère une plus grande dépendance des citoyens à la voiture accentuant ainsi le phénomène de l'auto-solo. En effet, le manque de disponibilités de services alternatifs à la voiture et l'aménagement du territoire axé sur l'utilisation de la voiture sont des obstacles à la réduction de l'auto-solo. En réponse à cette problématique dominante de l'auto-solo, le présent rapport de recherche dresse un état des lieux de la situation de dépendance des citoyens à la voiture au Québec en vue de proposer des leviers, sous la forme d'avenues de recherche à explorer, permettant d'y remédier ou du moins de minimiser son impact. Ces leviers sont proposés en vue de soutenir la mise en œuvre de stratégies d'action commune assurant une transition vers une mobilité durable.

À partir d'une recension ciblée d'écrits multidisciplinaires, certains facteurs de résistance aux changements de comportements des individus ont été décrits. Parmi eux, les déterminants affectives (ex. le plaisir et les sensations fortes lors de la conduite, etc.) et les déterminants symboliques (ex. l'estime de soi, le prestige, les perceptions, les attitudes, les normes sociales, etc.) influencent le choix modal et représentent une barrière à réduction de l'auto-solo. Par ailleurs, des facteurs socio-démographiques et techniques (ex. les conditions météorologiques, la distance et durée des déplacements, les connectivités et tortuosités des réseaux de transport et la distance d'accès au transport en commun, etc.) sont également des facteurs de résistance au changement de comportements des individus.

Suite à l'identification de ces facteurs de résistance, certains leviers pouvant minimiser le phénomène de l'auto-solo ont été cernés, à savoir les interventions visant à modifier les comportements de déplacement des individus incluant des composantes structurelles et psychologiques, l'augmentation de l'offre de transport alternatif à la voiture, les TIC et la voiture autonome et connectée. Plus spécifiquement, ces deux derniers leviers présentent un grand potentiel pour diminuer les comportements de l'auto-solo notamment parce que les TIC favorisent l'intermodalité. De pair avec de nouvelles technologies de mobilité, ils représentent un support pour les applications de trajets multimodaux en proposant différentes options de déplacement aux usagers. Enfin, la voiture autonome et connectée dans un contexte de flotte de véhicules partagés présente également un potentiel intéressant pour réduire le phénomène de l'auto-solo. En effet, une flotte partagée de voitures autonomes qui prend successivement plusieurs passagers en offrant un service continu pourrait offrir la même mobilité que la voiture individuelle.

Les stratégies d'action commune suivantes ont été identifiées pour réduire l'usage et le nombre de voitures individuelles au Québec (i) réduire physiquement la place de la voiture ; (ii) favoriser le recours aux transports en commun ; (iii) développer de nouveaux services ou modes de déplacement, tels que

l'autopartage, le partage pair-à-pair, le covoiturage et l'intermodalité et (iv) faciliter les modes de transport actif (marche, vélo, etc) à travers l'aménagement du territoire.

En termes de pistes de recherche identifiées, ce rapport de recherche propose diverses avenues à explorer en vue de réduire l'auto-solo au Québec, à savoir (i) l'étude de l'influence des déterminants psychologiques sur le choix modal; (ii) l'intégration du regard disciplinaire des sciences humaines et sociales en vue d'augmenter l'effectivité des alternatives portant sur la réduction de l'auto-solo ; (iii) la compréhension des enjeux éthiques et législatifs concernant la voiture autonome et connectée et l'identification des impacts potentiels de ce type de technologie sur le trafic ; (iv) la compréhension de la façon dont les TIC peuvent être un levier à l'intermodalité et à la mobilité durable ; (v) l'étude des impacts potentiels du comportement de mobilité de la génération Z sur l'avenir du transport ; (vi) l'influence des facteurs subjectifs et des déterminants psychologiques sur l'utilisation des transports alternatifs.

Mots-clés : auto-solo ; mobilité durable ; intermodalité ; multimodalité ; facteurs psychosociaux ; facteurs de résistance ; voiture autonome et connectée ; voiture électrique et hybride ; transport actif ; transport en commun ; autopartage ; covoiturage ; technologie de l'information et de la communication ; changements de comportements ; choix modaux ; génération Z.

Table des matières

Remerciements	v
Liste des acronymes	vi
Lexique	vii
Table des tableaux	viii
Introduction générale	1
Section 1. Les principaux déterminants psychosociaux liés à la possession d'une voiture	3
1.1 Quelques enjeux entourant l'auto-solo	4
1.2 Les principales motivations à posséder une voiture	7
1.3 Deux archétypes de propriétaires de voiture à explorer	9
1.3.1 Les passionnés de voitures	9
1.3.2 La génération Z	10
1.4 Une réflexion sur les freins et leviers inhérents aux changements de comportements des propriétaires de voiture	10
1.5 Perspectives de recherche futures	12
Section 2. L'impact du changement technologique sur l'attractivité de l'automobile	13
2.1 Les effets du changement technologique sur le déplacement des personnes	14
2.2 La voiture hybride et électrique	15
2.3 Les promesses de la voiture autonome : le cas de Tesla	17
2.4 Perspectives de recherche futures	19
Section 3. Les variables influençant le choix modal et les alternatives à la voiture	20
3.1 Les principales variables influençant le choix modal	21
3.2 Les mesures techniques permettant de réduire l'usage de l'automobile	22
3.2.1 L'économie du partage et la mobilité	24
3.2.2 Les modes de transport actif	24
3.3 Perspectives de recherche futures	25
Conclusion générale	26
Références bibliographiques	27

Remerciements

La réalisation de ce rapport de recherche a été possible grâce à la participation active et au soutien d'un grand nombre de personnes. J'aimerais tout d'abord remercier toute l'équipe de recherche d'avoir contribué avec leur expertise et leur expérience à la réalisation de cette étude, notamment :

Luce Beaulieu, M.Sc., Directrice exécutive, CIRODD, Polytechnique Montréal

Claudia Déméné, Ph.D., professeure adjointe, Groupe design, innovation et humanismes, École de design, Université Laval.

Fabien Durif, Ph.D., Vice-décanat à la recherche de l'École des sciences de la gestion, UQÀM.

Jérôme Laviolette, B. Ing, M.Sc. A Génie Civil et transports, Fellow en transports et changements climatiques, Fondation David Suzuki.

Isabelle Lessard, Ph.D., directrice des partenariats et des projets, RNCREQ.

Vincent Moreau, directeur général, RNCREQ.

Catherine Morency, Ph. D., professeure titulaire, Titulaire de la chaire mobilité, Titulaire de la chaire de recherche du Canada sur la mobilité des personnes, Département des génies civil, géologique et des mines, CIRRELT/CIRODD, Polytechnique Montréal.

Je remercie particulièrement Claudia Déméné, Isabelle Lessard et Jérôme Laviolette pour leurs commentaires enrichissants et leur soutien tout au long de la rédaction de ce rapport.

Je tiens à remercier le Centre de recherche – Organisations, Sociétés et Environnement (OSE) et le Pôle social du Centre Interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable (CIRODD) pour son leur soutien financier.

Enfin, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à toutes celles et à tous ceux qui ont participé à la réalisation de cette recherche.

Liste des acronymes

ACV : Analyse de cycle de vie.

AVÉQ : Association des Véhicules électriques du Québec

CIRAIG : Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services.

CIRODD : Centre Interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable.

CO² : Dioxyde de carbone.

DEEE : Déchets d'équipements électriques et électroniques.

GES : Gaz à effet de serre.

IEA : International Energy Agency.

MDDELCC : Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques.

OSE : Centre de recherche – Organisations, Sociétés et Environnement.

RNCREQ : Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement du Québec.

SAE : Society of Automotive Engineers.

TIC : Technologies de l'information et de la communication.

Lexique¹

Autopartage : partage d'un véhicule ou d'une flotte de véhicules mis à la disposition de plusieurs personnes.

Auto-solo : définit l'utilisation d'une automobile de façon individuelle, c'est-à-dire qu'un seul adulte est à bord.

Choix modal : choix d'un mode de transport.

Covoiturage : mode de transport dont l'utilisation d'un véhicule particulière est partagée par deux personnes ou plus qui en partagent les frais d'utilisation lors d'un même déplacement.

Déterminants psychosociaux : facteurs psychologiques et sociologiques qui influencent le comportement de mobilité des individus.

Génération Z : jeunes adultes, nés après l'an 2000, qui sont des natifs du numérique, extrêmement connectés et très familiers avec Internet et l'utilisation de téléphones intelligents. Cette génération est aussi appelée la génération silencieuse ou Génération C (pour Communication, Collaboration, Connexion et Créativité) ou iGen.

Interconnexion : association par connexion entre les réseaux de transport.

Intermodalité : utilisation de différents modes de transport durant un même déplacement.

Mobilité durable : aussi appelée écomobilité, la mobilité durable c'est l'application des composantes de développement durable au transport en vue de concevoir, mettre en œuvre et gérer des modes de transport jugés moins dommageables sur l'environnement.

Multimodalité : disponibilité de plusieurs modes de transport différents durant un même déplacement.

Passionnés de voitures : définissent des amoureux, des inconditionnels ou des amateurs de l'automobile.

Périurbanisation : phénomène de croissance urbaine périphérique toujours plus étendue aux alentours des grandes villes.

Transport actif : mode de transport où l'utilisateur est la force motrice du déplacement, comme la marche, le vélo, un fauteuil roulant non motorisé, des patins à roues alignées ou une planche à roulettes.

Transport alternatif : mode de transport autre que l'usage individuel de l'automobile, tel que les modes de transport actif, le covoiturage, le transport en commun.

Transport en commun : système de transport (autobus, métro, train, traversier, etc.) mis à la disposition du public dans les centres urbains, dont la tarification, les horaires et les parcours sont fixes.

Transport public : ensemble des entreprises privées ou publiques qui assurent un transport pour le public.

Transports urbains : concernent les différents moyens de transport qui sont propres à une ville ou un milieu urbain, adaptés à cet environnement. Ils englobent autant les transports en commun que les transports individuels comme la voiture et le vélo.

Voiture autonome : véhicule qui circule sans l'intervention d'un conducteur.

Voiture hybride : intermédiaire entre les véhicules traditionnels et électriques dont la propulsion combine un moteur thermique et électrique.

Voiture électrique : fait référence à une technologie cent pour cent électrique dont la propulsion est assurée uniquement par un moteur électrique et l'autonomie est assurée par une batterie embarquée qui doit être rechargée.

1. Bien qu'issues de sources fiables, les définitions proposées dans ce lexique ont été adaptées au contexte de la recherche par les auteurs du rapport de recherche.

Table des tableaux

Tableau 1 : Les types de ressources consultées pour chacune des sections du rapport de recherche	2
Tableau 2 : Les conséquences et bénéfices, individuels et collectifs, à la possession automobile	5
Tableau 3 : Les 6 interventions soutenant la réduction de l'utilisation de la voiture	6
Tableau 4 : Les théories psychologiques à l'origine de l'utilisation de la voiture	8
Tableau 5 : Les différents types d'intervention sur le comportement de transport	11
Tableau 6 : Synthèse des principales variables influençant le choix modal	22

Introduction générale

En 2016, le Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement du Québec (RNCREQ), avec le Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable (CIRODD), a démarré un projet de recherche collaboratif concernant l'attachement affectif des Québécois à leur voiture. En effet, malgré les nombreuses études relatant les impacts négatifs sur l'environnement et sur la santé humaine du transport individuel — plus communément connu sous le terme d'auto-solo — (MDDELCC² ; Privé (2016); Sioui (2014); Gandit (2007); Grimal (2015); Organisation mondiale de la santé³ et Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles du Québec), l'identification et la mise en œuvre de stratégies visant la minimisation de ce phénomène demeure un véritable défi.

Un inventaire à l'échelle de la province de Québec sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) réalisé en 2015, par le Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), a mis en lumière que le secteur du transport (routier, aérien, maritime, ferroviaire et hors route) représentait 41,7 % des émissions de GES. Plus particulièrement, le transport routier incluant le transport de marchandises et des personnes⁴ était responsable de 82 % des émissions relatives au secteur du transport, soit 33,6 % des émissions totales de GES (MDDELCC, 2014). En 2015, le transport — tous modes confondus — était responsable de 24 % des émissions mondiales de CO₂. Dans ce pourcentage, le transport routier représentait les trois quarts de ces émissions (IEA⁵, 2017). Graham-Rowe, Skippon, Gardner, & Abraham (2011) soulignent que la réduction des déplacements en voiture serait une façon plus rapide de réduire les GES que les changements technologiques.

C'est dans ce contexte qu'est né le présent projet de recherche avec pour ambition d'identifier des stratégies d'action commune pour réduire l'usage et le nombre de voitures individuelles au Québec. En considérant la diversité des acteurs impliqués ainsi que l'ampleur de ce grand chantier, ce rapport de recherche s'est donné deux finalités :

1. D'apporter un éclairage au niveau de la terminologie relative à l'univers de l'auto-solo afin de mettre tous les acteurs du présent projet de recherche sur un même niveau de compréhension. À cet effet, un lexique adapté au contexte du présent projet de recherche a été réalisé ;
2. De suggérer des pistes de recherche potentielles à explorer afin de planifier les prochaines étapes de ce projet collaboratif.

Pour soutenir la construction du lexique, l'approche méthodologique employée ne vise pas à faire une revue exhaustive de la littérature, mais plutôt une recension ciblée d'écrits multidisciplinaires. Plus spécifiquement, une sélection d'études portant sur le cas du Québec et de travaux internationaux⁶, a été réalisée par l'équipe de recherche en vue: i) de dresser un état des lieux de la situation québécoise quant à la dépendance des citoyens à la voiture; ii) d'identifier certains facteurs de résistance aux changements qui y sont associés. Le Tableau 1 ci-dessous offre un aperçu des revues consultées pour chacune des sections du rapport de recherche.

² Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/ges/2014/Inventaire1990-2014.pdf)

³ <http://www.who.int>

⁴ Le transport routier est représenté par des automobiles, des camions légers, des véhicules lourds et autres types de transport (motocyclettes, véhicules au propane et au gaz naturel).

⁵ International Energy Agency (<https://www.iea.org>)

⁶ Cette sélection a été faite par des suggestions de lecture envoyées par les membres de l'équipe de recherche.

Tableau 1 : Les types de ressources consultées pour chacune des sections du rapport de recherche

Sections	Types de ressources consultées
Section 1 Les principaux déterminants individuels liés à la possession d'une voiture	Elsevier, Open Edition, Springer, Journal of transport and land use, Taylor & Francis, Journal of environmental psychology (Science Direct), The National Center for Biotechnology Information (NCBI), Cairn, ResearchGate, HAL, Archipel UQAM et Google Scholar.
Section 2 L'impact du changement technologique sur l'attractivité de l'automobile	Open Edition, Taylor & Francis, Cairn, RÉRO DOC Bibliothèque numérique, HAL et Google Scholar.
Section 3 Les variables influençant le choix modal et les alternatives à la voiture	Open Edition, IEEE Xplore, Research Gate, HAL, Archipel UQAM et Google Scholar.

La section 1 du rapport présente les principaux déterminants individuels liés à la possession d'une voiture ainsi que les principaux freins et leviers pouvant être associés aux changements de comportement des propriétaires de voiture. La section 2 expose l'impact du changement technologique sur l'attractivité de l'automobile en abordant les effets des applications technologiques sur la mobilité et les enjeux liés à la voiture hybride et électrique. La section 3 met en lumière certaines variables influençant le choix modal et les alternatives à la voiture individuelle (autopartage, covoiturage et les modes de transport actifs). En termes de contribution, un lexique est présenté au début du rapport comme une synthèse des termes récurrents employés dans ce rapport et propres au langage du transport et de la mobilité.

Section 1

**Les principaux déterminants psychosociaux
liés à la possession d'une voiture**

L'automobile et les réseaux autoroutiers font partie intégrante du paysage des sociétés contemporaines depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale. L'appropriation de la voiture par les citoyens a transformé profondément leurs comportements de mobilité (Grimal, 2015). Historiquement, c'est la conjonction de plusieurs facteurs qui a conduit à cette appropriation par les foyers : i) des évolutions sociétales, telles que la participation croissante des femmes à l'activité professionnelle menant à l'achat d'une deuxième voiture, ii) l'augmentation du nombre de personnes titulaires d'un permis de conduire, iii) des incitatifs économiques, comme la progression du pouvoir d'achat des ménages et le développement du marché automobile de seconde main (ibid.). Les politiques publiques ont également œuvré à l'augmentation de l'utilisation de l'automobile en opérationnalisant des changements infrastructurels sur les routes visant à faciliter les déplacements (Gossling, 2017). Les médias de masse, comme le cinéma et la télévision, ont aussi été un levier important dans la construction de l'image de l'automobile dans l'imaginaire collectif, principalement chez les jeunes en tant que symbole de la vie moderne, prospère et réussie, d'ouverture sur le monde, de liberté, d'indépendance et d'émancipation (Grimal, 2015).

Considérée comme un mode de transport flexible reflétant un certain statut social, la voiture répond aux besoins croissants d'individualité, d'indépendance et de flexibilité des citoyens (Maniak, 2016, MiD, 2008 ; Umweltbundesamt, 2012, cité dans Dellatte, Kettner, Schuppan, & Schwedes, 2014). Elle est autant un objet sociétal qu'un objet de consommation individuel. L'automobile demeure encore aujourd'hui le pilier de la mobilité urbaine et le mode de transport dominant dans les pays occidentaux (Morency, 2015), et ce, malgré les nombreuses problématiques qui découlent de son utilisation croissante.

1.1 Quelques enjeux entourant l'auto-solo

La périurbanisation, c'est-à-dire le phénomène de croissance urbaine périphérique toujours plus étendue aux alentours des grandes villes (Mancebo, 2014), génère une plus grande dépendance des citoyens à la voiture pour des raisons spatiales. De plus, les citoyens souhaitant avoir recours au transport en commun peuvent souffrir d'un manque d'offre de services dans les quartiers périphériques (Privé, 2016). Cette périurbanisation peut s'expliquer par l'aspiration des ménages à un meilleur confort de vie se traduisant par l'acquisition d'un foyer plus spacieux et proche de la nature et aussi par le prix, souvent plus abordable, des unités de logement (Grimal, 2015). Selon Privé (2016), le phénomène de périurbanisation peut devenir une préoccupation environnementale dès lors qu'il « s'étend sur les terres cultivables et qu'il génère l'augmentation du nombre et de la distance des déplacements motorisés » (p.31).

Aguilera, Conti, & Le Néchet (2017) expliquent que la voiture reste indispensable dans un mode de vie périurbain, compte tenu de sa grande flexibilité dans les déplacements à l'échelle locale et métropolitaine en un temps réduit. Cette flexibilité résulte d'un héritage historique où l'aménagement des territoires était axé sur l'utilisation de la voiture. Morency (2015) souligne qu'avec l'augmentation de la taille de la région, on observe aussi un recours plus important à l'automobile. Il est actuellement possible d'opter pour un mode de vie sans voiture dans certains contextes urbains, alors que dans l'espace périurbain et rural, ce mode de vie n'est pas encore envisageable (Privé, 2016).

Malgré les avantages apparents liés à l'utilisation de la voiture individuelle en termes de gain de temps, confort, sécurité, pour ne citer qu'eux, ce moyen de déplacement engendre de nombreuses problématiques d'ordre environnemental, de santé publique et d'aménagement du territoire. Les avantages pour la possession automobile ainsi que ses conséquences, sont à la fois individuels et collectifs (Tableau 2). Ces problèmes sont observés principalement dans les grandes villes où le phénomène de l'auto-solo est prédominant. À titre d'exemple, la ville de Montréal est considérée comme la 13^{ème} ville la plus

congestionnée d'Amérique du Nord et la 1^e au Canada (TomTom, 2016)⁷. Par ailleurs, Montréal est aussi une des villes nord-américaines avec le plus haut taux d'utilisation du transport en commun.

Tableau 2 : Les conséquences et bénéfices, individuels et collectifs, à la possession automobile.

	Conséquences	Avantages
Individuelles	<ul style="list-style-type: none"> - Impacts sur la santé (asthme, risque de blessure) ; - Exposition aux polluants de l'air, aux bruits et risques d'accidents ; - Pertes sociales et économiques résultant de l'inaccessibilité à la voiture W - Impact financier avec 20% du revenu familial⁸ consacré à l'auto (coûts d'entretien, de fonctionnement et de propriété)⁹ ; - Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gain de temps et de capacité de transport; - Flexibilité; - Autonomie; - Commodité; - Sécurité; - Confort; - Bris de l'isolement (peut-être individuel ou collectif); - Etc.
Collectives	<ul style="list-style-type: none"> - Impacts sur la qualité de vie (pollution sonore et visuelle et risques d'accidents) ; - Conséquences écologiques et environnementales (pollution de l'air, émissions de GES) ; - Pertes sociales et économiques dues à la congestion routière ; - Perte de qualité des espaces publics ; - Levier pour la société de consommation et de l'individualisme ; - Conséquences sur les finances publiques (santé publique, coût des infrastructures, perte en vie humaine due aux accidents) ; - Déficit commercial (le Québec importe la totalité de son pétrole brut et de ses automobiles) ; - Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Équité sociale et territoriale, puisque la voiture rend accessible tous les espaces des villes à tout le monde ; - Flexibilité et autonomie dans les déplacements ; - Développement du secteur touristique ; - Etc.

Source : da Silva (2018) selon Sioui (2014) ; Gandit (2007) ; Grimal (2015) ; Organisation mondiale de la santé¹⁰ et Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles du Québec.

Dans ce contexte, un nombre croissant de villes dans le monde s'efforce d'élaborer et de mettre en œuvre des stratégies d'intervention visant à réduire le nombre de voitures ainsi que leur utilisation (Delatte, Kettner, Schuppan, & Schwedes, 2014) en optant pour des mesures menant à un changement de comportements de mobilité des citoyens (Graham-Rowe et al., 2011). Ces stratégies d'intervention sont d'autant plus fécondes qu'elles offrent un grand potentiel de réduction de GES dans le secteur du transport (ibid.). L'usage de la voiture est responsable de 4,3 millions de décès par an dans le monde

7. INRIX Global Traffic Scorecard (<http://inrix.com/scorecard/>)

8. Selon le rapport de la Fondation David Suzuki et Trajectoire intitulée « Évolution des coûts du système de transport par automobile au Québec », 20% du revenu familial est consacré à l'auto au Canada (https://fr.davidsuzuki.org/wp-content/uploads/sites/3/2018/01/%C3%89tude_%C3%89volutionCo%C3%BBtsSyst%C3%A8meTransportQC_FINALE.pdf)

9. Les coûts de fonctionnement sont variables et peuvent fluctuer selon le lieu d'habitation, la façon de conduire, la distance parcourue et le montant dépensé pour l'entretien et les réparations. Les coûts de propriété sont fixes et comprennent les assurances, le permis de conduire, l'immatriculation, les taxes, le coût de financement et la dépréciation. Les coûts fixes peuvent varier d'un véhicule à l'autre et d'un endroit à l'autre. Association Canadienne des Automobilistes – CAA (<https://www.caaquebec.com>).

10. <http://www.who.int>

(ibid.). Dans son étude, Graham-Rowe et al. (2011) ont analysé 77 mesures d'intervention visant à minimiser l'utilisation de la voiture par une réduction de la quantité totale de kilomètres parcourus par les citoyens. Parmi les mesures analysées, 12 ont été jugées méthodologiquement solides par les auteurs et seulement 6 (Tableau 3) ont le potentiel de réduire l'utilisation de la voiture : (i) Jakobson et al. (2002), (ii) Foxx et Hake (1977), (iii) Mullins et Mullins (1995), (iv) Bamberg (2006), (v) Eriksson et al. (2008) et (vi) Garvill et al. (2003). Graham-Rowe et al. (2011) soulignent que ces 12 mesures seraient plus efficaces si elles ciblaient, en premier lieu les conducteurs qui ont une forte habitude d'utilisation de leur voiture et qui présentent une grande motivation morale à vouloir s'en détacher.

Tableau 3 : Les 6 interventions soutenant la réduction de l'utilisation de la voiture.

Auteur et date	Qualité méthodologique	Efficacité de l'intervention	Type de mesure	Stratégie d'intervention
Jakobson et W al. (2002)	Élevée	Efficace dans la réduction de la distance parcourue	Distance et trajet / fréquence	Structurel et psychologique (désincitations économiques et introduction d'un plan visant à réduire l'utilisation de la voiture)
Foxx et Hake (1977)	Élevée	Efficace pour réduire les kilomètres parcourus par les véhicules	Distance	Structurel (incitations financières pour que les participants atteignent les réductions de kilométrage établies)
Mullins et Mullins (1995)	Élevée	Efficace pour réduire la distance moyenne de déplacement (Km) parcourue	Distance	Structurel (lieux de travail transférés plus près de la maison)
Bamberg (2006)	Élevée	Efficace pour réduire la fréquence de déplacement prise en voiture	Déplacement / fréquence	Structurel (un billet de transport public gratuit d'une journée (laissez-passer) et des informations sur l'utilisation des services pour les personnes qui viennent de déménager)
Eriksson et al. (2008)	Élevée	Particulièrement efficace pour réduire la fréquence des trajets, des conducteurs ou de passagers, pour ceux qui ont de fortes habitudes de conduite	Déplacement / fréquence	Psychologique (intentions de mise en œuvre)
Garvill et al. (2003)	Élevée	Efficace pour réduire la fréquence des trajets en voiture pour ceux qui ont de fortes habitudes de conduite et, dans une moindre mesure, pour ceux qui ont une faible habitude de conduire	Déplacement / fréquence	Psychologique (fournir de l'information pour accroître la sensibilisation aux modes alternatifs pour les déplacements planifiés)

Source : Graham-Rowe et al. (2011)

Tel qu'exposé brièvement dans cette section, c'est la conjoncture de plusieurs facteurs d'ordre historique, sociétal, économique et politique qui explique, en partie, le culte dominant de l'auto-solo auprès des citoyens des grandes métropoles occidentales. Si l'on s'intéresse de façon plus spécifique à l'individu, des facteurs de type subjectifs et techniques et des motivations de nature objective, symbolique et psychologique (cf. Tableau 5) peuvent également être à l'origine de la dépendance des citoyens à l'automobile (Gandit, 2007). Ces facteurs et motivations ainsi que les principaux freins et leviers associés aux comportements des propriétaires de voiture, plus spécifiquement ceux des passionnés de voitures et de la génération Z, sont exposés dans la prochaine section. Les passionnés de voitures représentent un profil d'individus très attachés à leur véhicule. Ils sont généralement peu ouverts à changer leur comportement de mobilité (Wappelhorst, Sauer, Hinkeldein, & Borchering, 2014). La génération Z, quant à elle, représente un profil d'utilisateurs (Bayart, Lancini, & Viot, 2017) de la route enclin à l'utilisation d'alternatives visant à réduire leur dépendance à l'automobile (Malene, Katrine, & Emmy, 2018). Cette génération attire, par ailleurs, la convoitise de l'industrie automobile qui n'arrive pas à trouver une bonne approche pour ce segment.

1.2 Les principales motivations à posséder une voiture

Tel que discuté dans la précédente section, la possession automobile est motivée par divers facteurs (historique, social, etc.). Plusieurs auteurs dans la littérature se sont penchés sur l'examen des motivations se cachant derrière la possession automobile (Martel Poliquin, 2012; Gandit, 2007; Chng, Abraham, White, Hoffmann, & Skippon, 2017). Parmi eux, Martel Poliquin (2012) a établi une typologie particulièrement pertinente puisqu'elle recense deux principales catégories de déterminants individuels corrélés à la possession d'un véhicule:

- (A) Les déterminants de nature objective qui sont facilement mesurables puisqu'ils regroupent le revenu, la détention d'un permis de conduire, le type d'emploi, le prix d'achat du véhicule, l'accès au transport public, la distance à parcourir, l'âge, le nombre de personnes dans le ménage incluant la présence ou non d'enfants (Caulfield, 2011, cité dans Martel Poliquin, 2012) ainsi que l'évolution des distances domicile travail (Hubert, Pistre, & Madre, 2016).
- (B) Les déterminants de nature subjective, qui sont de nature plus qualitative, peuvent être décomposés en composantes affectives (i), tels que le plaisir et les sensations fortes lors de la conduite, et les composantes symboliques (ii) comme l'estime de soi et le prestige (Gandit, 2007). Les gens ayant un fort attrait pour les composantes symboliques ont tendance à faire des choix qui les font se sentir puissants et supérieurs aux autres, qu'ils perçoivent comme des individus manquant de contrôle sur leur vie, peu autonomes et ne s'affirmant que très peu (Kenyon et Lyon, 2002 cités dans Gandit, 2007). Les valeurs et fonctions symboliques de la voiture sont présentes à la fois au niveau sociétal ou culturel, et au niveau individuel et psychologique (ibid.). Selon Gandit (2007), ces niveaux (sociétal et individuel) ont été malheureusement peu considérés par les campagnes d'information et de sensibilisation visant à induire un changement dans les modes de transport. Le développement d'interventions efficaces et optimales pour minimiser le phénomène « auto-solo » est conditionné par les croyances et attitudes des citoyens qui sous-tendent leurs décisions de conduite (Gardner & Abraham, 2007).

Selon Chng et al. (2017), de nombreuses études ont déjà été entreprises afin de mieux comprendre la psychologie qui sous-tend les comportements liés à l'utilisation de l'auto-solo en vue d'identifier les moyens pouvant encourager les individus à adopter des modes de déplacement alternatifs et plus respectueux de l'environnement (Ajzen, 1991 ; Gärling et al, 2001 ; Stern, Dietz, Abel, Guagnano & Kalof,

1999 ; Triandis, 1977 ; Klöckner & Blöbaum, 2010 ; Bamberg, 2013 ; Heckhausen & Gollwitzer, 1987 ; Dittmar, 1992 ; Schwartz & Howard, 1981). La compréhension et la caractérisation des déterminants psychosociaux font l'objet de nombreuses études en Europe (Gandit, 2007 ; Donald, Cooper & Conchie, 2014 ; Gardner & Abraham, 2008 ; Möser & Bamberg, 2008 ; Steg, 2005), mais l'analyse de la littérature montre que ce volet est très peu exploré en Amérique du Nord. À défaut d'une revue exhaustive de la littérature, le Tableau 4 (ci-dessous) présente un aperçu des quinze théories psychologiques identifiées à ce jour, réalisé à partir de l'analyse de trente-deux études. Chng et al. (2017) ont utilisé deux étapes pour la sélection des articles.

Tout d'abord, les articles ont été retenus s'ils mentionnaient, dans le titre ou résumé, la théorie par rapport à l'automobile et s'ils étaient publiés en texte intégral dans une revue scientifique évaluée par des pairs. Ensuite, quelques critères plus spécifiques cités plus bas ont été appliqués en vue de la sélection intégrale des textes. Ainsi, les articles étaient sélectionnés : (i) s'ils possédaient une description de l'ensemble des concepts et/ou de déclarations spécifiant comment les phénomènes sont reliés les uns aux autres et (ii) si l'utilisation de la voiture a été opérationnalisée et mesurée. Les auteurs précisent que l'exploitation des déterminants psychologiques de l'utilisation de la voiture à travers ces théories pourrait nous aider à mieux comprendre la raison pour laquelle les gens conduisent et comment ils peuvent réduire l'utilisation de la voiture. Malgré l'existence de toutes ces théories présentées par Chng et al. (2017), ce volet demeure très peu étudié actuellement dans un contexte nord-américain.

Tableau 4 : Les théories psychologiques à l'origine de l'utilisation de la voiture

Théorie	Premier auteur (date)
Théorie du comportement planifié	Ajzen (1991)
Modèle d'activation de norme	Schwartz (1977)
Modèle de déterminants du choix de conduite par script	Gärling et al (2001)
Théorie des valeurs de croyance	Stern, Dietz, Abel, Guagnano et Kalof (1999)
Théorie du comportement interpersonnel	Triandis (1977)
Modèle de détermination de l'action globale	Klöckner & Blöbaum (2010)
Modèle par étape de changement de comportement auto-déterminé	Bamberg (2013 b)
Modèle de phases d'action	Heckhausen & Gollwitzer (1987)
Modèle de possession matérielle	Dittmar (1992)
Modèle normatif de prise de décision	Schwartz et Howard (1981)
Théorie des perspectives	Kahneman et Tversky (1979)
Modèle de sélection, d'optimisme et de rémunération	Baltes & Baltes (1990)
Théorie de la dissonance cognitive	Festinger (1957)
Théorie de l'évaluation cognitive	Deci et Ryan (1975)
Comportement Valeurs Attitude Modèle hiérarchique	Homer & Kahle (1988)

Source : Chng et al. (2017)

1.3 Deux archétypes de propriétaires de voiture à explorer

Dans le cadre de ce projet de recherche, les passionnés de voitures et la génération Z ont été identifiés par l'équipe de recherche comme étant deux profils particulièrement pertinents à explorer en lien avec la problématique générale de l'auto-solo. Cette section présente, à travers une brève analyse de quelques ouvrages de référence, les caractéristiques propres aux passionnés de voitures et à la génération Z.

1.3.1 Les passionnés de voitures

Il y a très peu d'études qui se sont penchées spécifiquement sur le comportement des passionnés de voitures. Telle que leur dénomination anglophone l'indique, les passionnés de voitures sont des amoureux, des inconditionnels ou des amateurs de l'automobile (Xiong & Zhang, 2017). Une étude¹¹ de Wappelhorst et al. (2014), réalisée dans quatre grandes villes allemandes (Berlin, Hamburg, Munich et Frankfurt), avait pour objectif de mieux comprendre les comportements des citoyens en matière de mobilité ainsi que leurs attentes et intentions d'utilisation en ce qui concerne l'autopartage électrique. Cette recherche a permis de distinguer deux principales catégories de passionnés de voitures :

- Les passionnés de voitures traditionnels considèrent la voiture comme leur unique moyen de transport. Ils sont très peu ouverts à l'utilisation d'autres modes de déplacement, que ce soit le transport en commun ou les modes de déplacement actifs. Leur engagement envers la mobilité durable est très faible. En conformité avec leur engouement pour la voiture, les passionnés de voitures traditionnels préfèrent vivre dans des espaces verts en dehors des grandes villes, souvent éloignés de l'offre de transport public (Kett, Rode, Hoffmann, Graff, & Smith, 2015).
- Les passionnés de voitures flexibles utilisent leur voiture comme principal moyen de déplacement, à l'image des passionnés de voitures traditionnels, mais considèrent d'autres modes de déplacement. À cet effet, ils sont ouverts à l'utilisation du vélo et du transport ferroviaire sur de longues distances, mais ils sont neutres dans leur opinion concernant le transport public. Comme les passionnés de voitures traditionnels qui vivent à l'extérieur des grandes villes, les passionnés de voitures flexibles préfèrent vivre en dehors des zones urbaines.

Stradling (2007) utilise le terme Die-Hard Drivers pour définir les passionnés de voitures flexibles. Cet auteur souligne, à partir d'une étude sur les usagers de la route réalisée en Écosse, que la plupart de passionnés de voitures flexibles ne pensent pas que des taxes automobiles plus élevées devraient être introduites dans une perspective environnementale. Par ailleurs, l'auteur mentionne que cette catégorie de conducteur est composée principalement par des hommes qui soutiennent l'idée que la construction de routes peut être une alternative pour réduire la congestion (ibid.).

Kett et al. (2015) proposent quatre interventions politiques qui pourraient réduire la conduite et la possession automobile des passionnés de voitures : (i) fiscalité, instruments de politique compensatoire (congestion, frais de stationnement) à payer pour un impact écologique, (ii) instruments réglementaires pour contraindre à l'acquisition de véhicules à faibles émissions (zone à faibles émissions), (iii) avantages fiscaux à l'achat de véhicules à faibles émissions et (iv) interventions structurelles pour améliorer l'accès aux voitures électriques. Pour un résultat plus effectif, ces interventions devraient être accompagnées d'une politique proportionnant l'accès aux alternatives à l'utilisation de la voiture, comme le transport en commun, le transport actif, l'autopartage, le vélopartage, etc.

11. Entrevue téléphonique avec 311 personnes âgées de 18 ans et plus

1.3.2 La génération Z

La génération Z, c'est-à-dire les jeunes adultes qui sont nés après l'an 2000, aussi appelés de génération silencieuse ou Génération C — pour Communication, Collaboration, Connexion et Créativité (Luangsay-Catelin, 2016) ou iGen (Twenge & Park, 2017), sont des natifs du numérique¹². Ces adultes qui ont aujourd'hui aux alentours de 18 ans sont extrêmement connectés et très familiers avec Internet et l'utilisation de téléphones intelligents. Le terme « natif du numérique » désigne la génération qui a évolué dans un environnement entouré de technologies numériques pour qui l'utilisation de ces technologies fait partie intégrante du quotidien (Lyons, 2015).

Selon une étude¹³ récente de l'Université d'État de San Diego et du Bryn Mawr College en Pennsylvanie, il y a moins d'adolescents de la génération Z (ou iGen), en comparaison à d'autres générations qui participent à des activités adultes telles que le sexe, les rencontres amoureuses, la consommation d'alcool, l'accès au marché du travail, sortir sans ses parents et conduire (Twenge & Park, 2017). La génération Z est moins susceptible d'acquérir une automobile que les générations précédentes (Génération Y, X et Baby-boomers) et ils ont plus tendance à trouver de la valeur dans les expériences que dans les choses matérielles (Nelson, 2013). Cette génération sous-tend un changement de paradigme social important résultant, en partie, des applications pour téléphones intelligents notamment avec la prédominance des réseaux sociaux et du partage d'expériences (ibid.).

Ce changement de paradigme est encouragé par les constructeurs automobiles qui ont identifié une opportunité d'affaires dans laquelle ils commencent à proposer des services spécifiques destinés à la génération Y et la génération Z, tels que l'autopartage et le covoiturage (Bettendorf, 2017). Ford a lancé son propre service de vélo-partage FordGoBike¹⁴ à San Francisco, East Bay et San Jose aux États-Unis. General Motors a lancé une nouvelle application mobile de partage de voiture nommée Maven¹⁵. Ces initiatives de l'industrie automobile montrent que les habitudes de mobilité des jeunes adultes de la génération Y et de la génération Z commencent à évoluer vers l'utilisation de moyens de transport alternatifs à l'auto-solo. D'autant plus que les jeunes adultes des pays industrialisés occidentaux utilisent de plus en plus la bicyclette, les transports en commun et les systèmes d'autopartage comme alternatives pour leur déplacement (Malene et al., 2018).

1.4 Une réflexion sur les freins et leviers inhérents aux changements de comportements des propriétaires de voiture

Amener un changement dans le comportement des propriétaires de voiture est un grand défi notamment à cause du manque d'alternatives relatives à son utilisation dans certaines zones rurales et périurbaines, mais également à cause de facteurs subjectifs intrinsèques liés à la possession de l'automobile (ex. sentiment d'appartenance discuté plus haut) (Frappier, 2015). Par ailleurs, la mise en place des politiques publiques restrictives (taxations, tarifs de congestion) et les changements dans les infrastructures réduisant l'espace alloué à la voiture peuvent susciter des réactions parfois négatives des citoyens, notamment du fait qu'ils les perçoivent comme une perte de contrôle et de liberté sur leur déplacement (Gardner & Abraham, 2007). Un précédent projet de service rapide par bus (SRB) de la Ville de Québec illustre bien cette problématique. Le SRB fut abandonné par manque de soutien de la part des citoyens

12. Terme traduit de l'anglais « digital natives ».

13. Ces résultats sont issus d'une enquête menée auprès de 8,3 millions de personnes âgées de 13 à 19 ans au cours d'une période de 40 ans.

14. <https://www.fordgobike.com/>

15. <https://www.mavendrive.com/#/>

ainsi qu'à cause de l'augmentation des coûts globaux de mise en œuvre du projet suite au retrait de la Ville de Lévis (Gagné, 2017). Ce projet était perçu comme une alternative peu attrayante à cause de la perte d'espace et de voies dédiées à la voiture.

En revanche, même si les réactions de la population peuvent être parfois négatives, certains projets visent justement à les sensibiliser. Suite à un récent sondage en ligne¹⁶ réalisé par l'Institut Nouveau Monde auprès de 5 209 citoyens, 65% des répondants sont tout à fait d'accord ou plutôt d'accord avec la mise en place d'un réseau de transport en commun structurant pour l'agglomération de Québec et 66% des répondants sont tout à fait d'accord ou plutôt d'accord avec la création de nouvelles voies réservées pour le transport en commun.

Dans ce contexte, la possession automobile se pose comme un dilemme social dans lequel le choix d'utilisation de la voiture se situe entre agir pour l'intérêt personnel ou pour l'intérêt collectif (Nordlund & Garvill, 2003). Les gains individuels semblent être toujours plus avantageux, mais les conséquences collectives sont désastreuses en termes d'impacts environnementaux, sociaux et économiques à long terme (ibid.). Les individus, par le type de véhicule qu'ils possèdent, leur style de conduite et la fréquence d'utilisation, ont un impact direct sur les émissions de GES. Un changement de comportement visant à minimiser leur dépendance face à l'auto-solo permettrait de réduire de façon importante leur émissions de GES (Chng et al., 2017). Selon Graham-Rowe et al. (2011), les interventions visant à modifier les comportements de déplacement des individus peuvent être classifiées en composantes structurelles et psychologiques (tableau 3). La combinaison de ces dernières pourrait être un levier permettant l'augmentation de l'efficacité des solutions visant à réduire la dépendance automobile. Gandit (2007) précise que l'utilisation effective de ces stratégies d'intervention dépend non seulement de leur mise en œuvre, mais aussi de leur connaissance et de leur appropriation par les citoyens. Dans ce contexte, une compréhension plus approfondie des facteurs qui conditionnent ces comportements demeure une avenue particulièrement féconde à explorer pour être en mesure de proposer des mesures favorisant l'intégration de modes de déplacement alternatifs.

Tableau 5 : Les différents types d'intervention sur le comportement de transport

Type d'intervention	Définition	Exemples
Structurelles	Modification des structures physiques et/ou législatives qui régulent le comportement de mobilité avec pour objectif de réduire l'attractivité de l'automobile.	- La réduction du nombre de places de stationnement dans les villes ; - L'insertion de péages urbains ; - Le développement de lignes de transports en commun à l'intérieur des agglomérations ; etc.
Psychologiques	Modification des perceptions, des croyances et des attitudes afin de motiver le changement volontaire dans les choix de transport.	Des informations ciblées en fonction de l'habitude de déplacement individuel afin de sensibiliser les citoyens à utiliser les modes de transport autres que la voiture.

Source : da Silva (2018) selon Gandit (2007) et Graham-Rowe et al. (2011).

16. Entrevue téléphonique avec 311 personnes âgées de 18 ans et plus.

Les expériences menées dans de nombreuses villes européennes comme Amsterdam, Florence, Freiburg et Louvain montrent que la solution aux difficultés de déplacements autour et dans les grandes agglomérations, ne réside pas uniquement dans le développement séparé de modes de transports alternatifs, mais plutôt dans un contexte d'intermodalité (Gandit, 2007) qui « consiste à combiner différents modes de transports sur un même trajet » (Privé, 2016, p. 53). Morency (2018) explique qu'offrir plusieurs trajets pour se déplacer entre une même paire origine-destination donne davantage de liberté aux usagers qui peuvent choisir le trajet qui leur convient le mieux. Le réseau de transport est ainsi moins vulnérable face aux imprévus qui peuvent arriver sur une ligne de transport collectif (ibid.).

Davis, Dutzik, & Baxetall (2012) observent que les jeunes conduisent moins et que, sur des distances plus courtes, ils sont de plus en plus adeptes de la marche, du vélo ou des transports publics. Cette perspective est prometteuse pour l'avenir de la mise en œuvre des alternatives à l'auto-solo. Dans le même ordre d'idées, Morency (2018) précise qu'« il faut mettre de côté cette idée d'usager moyen et assurer que tous les types d'individus y trouvent leur compte : ceux qui aiment marcher, ceux qui ne veulent pas être sous terre, ceux qui sont pressés, ceux qui préfèrent être assis quitte à prendre plus de temps, etc. ». L'auteure souligne qu'« il faut offrir cette nécessaire diversité, ce que les constructeurs automobiles ont bien compris, pour répondre aux besoins et attentes d'une gamme plus large de voyageurs » (ibid.).

1.5 Perspectives de recherche futures

Tel que souligné par Gandit (2007), l'offre d'alternatives à l'auto-solo au transport n'est pas suffisante pour changer, à elle seule, le comportement des citoyens face au phénomène de l'auto-solo. Il est nécessaire de coupler, à cette offre de transport, d'autres mesures basées sur l'intermodalité en vue de réduire l'utilisation de la voiture. Dans cette perspective, une avenue de recherche intéressante viserait à mieux comprendre les déterminants psychologiques, notamment ceux de nature symbolique et subjective (cf. section 1.1), et leur effet sur le choix modal. L'enjeu serait d'augmenter l'efficacité des alternatives à la voiture sur le changement de mode de transport dans certaines villes du Québec où le phénomène de l'auto-solo est problématique.

Pour que les alternatives portant sur le changement de mode de transport et la diminution de la dépendance des citoyens à l'automobile soient effectives, les prochaines recherches pourraient intégrer le regard disciplinaire des sciences humaines et sociales. L'enjeu serait de comprendre de façon plus détaillée et circonstanciée les comportements des utilisateurs des divers types de transport en vue de dépasser la notion d'usager type. La génération Z, en considérant qu'ils représentent les futurs acquéreurs de voiture, pourrait être un profil particulièrement pertinent à étudier. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet de recherche de Laviolette (2018) intitulé « Projet de recherche sur la place de la voiture dans la société québécoise : comprendre et agir sur les déterminants psychosociaux du modèle de mobilité fondé sur la possession et l'usage individuel de la voiture ». À cet égard, les jeunes de niveau collégial, âgés de 18 à 25 ans pour la majorité, sont ciblés par l'étude afin de mieux comprendre les facteurs psychologiques de l'attachement des Québécois à l'automobile et l'interaction avec les facteurs structureaux et contextuels.

Section 2

L'impact du changement technologique sur
l'attractivité de l'automobile

Depuis une décennie environ, la société actuelle connaît une révolution numérique qui s'illustre particulièrement bien avec la démocratisation des téléphones intelligents et l'émergence de l'intelligence artificielle (Frappier, 2015). Les bénéfices associés aux déplacements physiques à l'aide des téléphones intelligents peuvent offrir un tremplin intéressant pour minimiser l'usage de la voiture (Le Néchet, Nessi, & Aguilera, 2016).

Malene et al. (2018) considèrent les technologies de l'information et de la communication (TIC)¹⁷ comme la clé pour la création de services de transport innovants et un levier efficace pour une meilleure utilisation du système de transport existant. Ces auteurs soulignent que les TIC ont un potentiel élevé pour rendre la multimodalité, qui se définit par l'offre de différents modes de transport entre deux lieux, attrayante (Privé, 2016). Les TIC combinées à une connexion Internet peuvent fournir à l'utilisateur des informations en temps réel sur la distance à parcourir et le temps de transport selon différents modes de transport (marche, transport public, vélo, systèmes d'autopartage, etc.). Miroux et Lefèvre (2012) soulignent que les TIC sont complémentaires aux politiques visant à stimuler la mobilité durable à travers l'utilisation de modes de transport alternatifs à la voiture. Dans ce dernier scénario, les individus deviennent acteurs de leurs déplacements en choisissant la combinaison de modes de transport qui répond à leurs besoins.

En tenant compte des différents coûts financiers (entretien, utilisation, essence, assurances et stationnement, etc.) et des autres impacts non monétaires (temps passé dans les embouteillages, stress, etc.) inhérents à la possession d'une automobile, les bénéfices liés à son usage sont de plus en plus remis en question, sans pour autant se traduire en actions visant à privilégier d'autres modes de déplacement. La mise en place de politiques restrictives, telles que la diminution des espaces de stationnement et l'instauration d'un péage urbain, inciterait les individus à utiliser de nouvelles technologies et à recourir à de nouveaux styles de vie. En effet, le télétravail, les achats en ligne et l'exécution d'autres tâches de façon virtuelle peuvent contribuer à diminuer l'usage de l'auto-solo (Aguilera et al., 2012 cités dans Néchet, Nessi, et Aguilera, 2016).

Dans ce contexte sociétal dominé par Internet et les TIC, de nombreuses entreprises se sont lancées dans le développement de nouvelles technologies de mobilité, tels que les applications de trajets multimodaux (Transit App), le microtransit, le vélopartage, l'autopartage libre-service, les applications de courses sur demande (Uber, Lyft, etc.). Les véhicules autonomes sont un exemple de l'application de ces technologies, notamment avec la Googlecar (Gossart, 2017). On peut également citer les véhicules intégrant des technologies d'assistance à la conduite, tel que Tesla (Gossart, 2017). La fluctuation du prix du pétrole et la mise en œuvre de politiques favorables aux voitures à moindre impacts environnementaux a favorisé l'arrivée sur le marché de la voiture électrique (Vetter Linden, 2016).

La section 2 du rapport offre d'abord une analyse des effets induits par l'utilisation des applications technologiques sur la mobilité des personnes. Ensuite, un tour d'horizon de certains enjeux entourant les véhicules hybrides, électriques et autonomes est réalisé.

2.1 Les effets du changement technologique sur le déplacement des personnes

De plus en plus d'utilisateurs ont recours aux calculateurs de trajet, comme Transit App et Google Maps, pour connaître les différentes alternatives de transport pour se déplacer (Frappier, 2015). Les TIC les aident à gérer leurs déplacements en offrant des choix modaux, combinés ou individuels, dans le but d'optimiser

17. « Ensemble des technologies issues de la convergence de l'informatique et des techniques évoluées du multimédia et des télécommunications, qui ont permis l'émergence de moyens de communication plus efficaces, en améliorant le traitement, la mise en mémoire, la diffusion et l'échange de l'information » (Office québécois de la langue française, 2008).

les déplacements et, possiblement, de réduire leur empreinte environnementale (Bursaux, 2014 ; Miroux & Lefèvre, 2012). Les TIC offrent ainsi de nouvelles perspectives pour la mobilité, car l'utilisateur devient un acteur responsable de ses choix de déplacement. L'appropriation des TIC par les usagers aura une influence considérable dans le développement de nouvelles politiques de mobilité décarbonisée. Selon Miroux & Lefèvre (2012), les usagers seront capables de « maîtriser leurs émissions de GES et leur consommation d'énergie grâce à un pilotage fin des flux sur leur territoire » (p. 5). Ces auteurs soulignent que « les TIC minimiseraient les déplacements, optimiseraient leur efficacité écologique, tout en maximisant les possibilités d'échanges » (p. 5).

Malgré les avantages potentiels dus à l'utilisation des TIC dans le contexte de la mobilité durable, Rodhain et al. (2017) soulignent que les individus demeurent très peu informés de leur empreinte environnementale. Selon ces auteurs, il y a trois mythes associant les TIC et le développement durable :

- Mythe 1 : les TIC sont censées réduire le déplacement des personnes, notamment à travers le télétravail, par exemple.

Réalité : le domicile du télétravailleur a tendance à être éloigné des grands centres urbains et, de facto, du lieu de travail, ce qui a pour conséquence d'augmenter les distances parcourues. De plus, le travail à la maison contribue à augmenter le besoin de contacts sociaux des individus en dehors du travail.

- Mythe 2 : les TIC permettent de minimiser la consommation de papier.

Réalité : la consommation de papier augmente progressivement, possiblement à cause de la facilité d'accès aux imprimantes, de leur simplicité d'utilisation et des faibles coûts d'impression.

- Mythe 3 : Les TIC permettent une forme de dématérialisation.

Réalité : il s'est produit une multiplication du nombre d'équipements électroniques auprès des individus des pays occidentaux. En conséquence, il y a eu une accélération des cycles de production-consommation de ces biens électroniques avec une génération importante de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) dont les impacts environnementaux et sociaux sont importants dans les pays en développement, notamment.

Les TIC présentent un grand potentiel dans la construction d'une politique de mobilité durable, notamment en tant que facilitateur pour l'utilisation d'alternatives à l'auto-solo : transport public, transport actif, autopartage, covoiturage, etc. Cependant, l'utilisation débridée de ces technologies pourrait avoir un grand impact environnemental en ce qui concerne les étapes de leur cycle de vie : fabrication, utilisation et fin de vie.

2.2 La voiture hybride et électrique

Selon Ménigault (2014), la voiture hybride constitue un intermédiaire entre les véhicules traditionnels et électriques dont la propulsion combine un moteur thermique avec un moteur électrique. La voiture électrique, quant à elle, fait référence à une technologie cent pour cent électrique dont la propulsion est assurée uniquement par un moteur électrique et l'autonomie est assurée par une batterie embarquée (ibid.). Selon Wappelhorst et al. (2014), le véhicule électrique peut contribuer significativement à une mobilité plus durable du fait de son efficacité énergétique qui se traduit par des émissions de CO₂ inférieures en comparaison à la voiture conventionnelle (avec moteur à combustion interne). Une partie de l'efficacité énergétique du véhicule électrique dépend de la façon dont l'électricité est produite.

Cependant, deux principaux obstacles sont mentionnés par les auteurs : son prix d'achat plus élevé que les véhicules conventionnels (i) et son manque d'autonomie (portée limitée). Verset (2016) souligne que le véhicule électrique est une technologie qui coûte cher, le temps de charge des batteries est long pour les bornes de recharge plus conventionnelles (entre 75 minutes et 8 heures) et les calculs sur son empreinte écologique sont encore incertains. En revanche, le temps de recharge pour les bornes ultra-rapides est de l'ordre de 5 minutes.

Une analyse de cycle de vie (ACV) comparative d'un véhicule électrique et d'un véhicule conventionnel¹⁸ a été réalisée en 2016 par le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) a en considérant une mise sur le marché en 2013 des véhicules dans un contexte d'utilisation québécois. Ce dernier considère l'utilisation de l'énergie électrique produite au Québec dont les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont faibles. Le choix de la distance (150 000km) pour réaliser l'ACV comparative correspond à la distance parcourue par un véhicule en 10 ans, soit 40 km/jours, 15 000 km/an, en considérant les habitudes de déplacement des automobilistes québécois.

Les résultats mettent en lumière que la voiture électrique représente le meilleur choix environnemental à l'étape d'utilisation de son cycle de vie, alors que la voiture conventionnelle, a moins d'impact sur l'environnement à l'étape de production. En considérant une distance de plus de 150 000km, « le véhicule électrique présente des impacts potentiels de 29% à 65% inférieurs à ceux du véhicule conventionnel, selon les catégories d'impacts considérées (Changement climatique, Santé humaine, Qualité des écosystèmes, Épuisement des ressources fossiles) » (CIRAIG, 2016). Pour une distance supérieure à 300 000km, « les impacts du véhicule électrique sont de 55% à 80% inférieurs à ceux du véhicule conventionnel » (ibid.).

La fabrication des batteries contribue à l'impact environnemental du véhicule électrique à l'étape de production. C'est l'un des plus grands inconvénients de ce type de véhicule d'un point de vue environnemental. De plus, un autre problème se situe au niveau de la fin de vie des batteries dont le processus de recyclage n'est pas encore optimal. Tesla, par exemple, « évoque un taux de recyclage de 60% et compte atteindre les 90% en 2018 avec des batteries « Ryden Dual Carbon ¹⁹ » qui sont biodégradables et dépourvues de métaux lourds » (Verset, 2016). Plusieurs entreprises travaillent au développement d'une nouvelle génération de batteries pour les véhicules électriques. À titre d'exemple, la société espagnole Graphenano a débuté la production de batteries au graphène²⁰ qui seraient jusqu'à 4 fois plus efficaces que les batteries actuelles disponibles sur le marché (Verset, 2016). Par ailleurs, d'autres technologies telles que les nanotubes de carbone, le sodium-ion et le lithium-air sont des technologies en cours de développement (ibid.).

Même si l'étude réalisée par le CIRAIG (2016) a permis d'identifier les limites propres aux véhicules électriques en comparaison à la voiture conventionnelle, des freins d'ordre méthodologiques, tels que l'incertitude de la modélisation de certains impacts environnementaux du cycle de vie, sont à considérer.

18. Analyse du cycle de vie comparative des impacts environnementaux potentiels du véhicule électrique et du véhicule conventionnel dans un contexte d'utilisation québécois, 2016.

19. La batterie « Ryden Dual Carbon » est fabriquée à partir de coton organique à base de carbone restructuré afin que les fibres agissent comme anodes et cathodes dans un liquide électrolytique organique. Cette technologie est plus sûre que les batteries conventionnelles car il maintient une température constante pendant l'utilisation. Les avantages sont la vitesse de charge (plus de 3 000 fois plus vite que les batteries traditionnelles), l'autonomie (s'il est utilisé dans des voitures électriques, il peut atteindre une autonomie de 300 miles) et le recyclage à 100% (<https://atlasofthefuture.org/project/ryden-dual-carbon-battery/>).

20. Le graphène s'agit d'un cristal bidimensionnel formé d'une couche d'atomes de carbone disposés en hexagones.

Plus spécifiquement, certains impacts n'ont pas été pris en compte dans l'ACV comme le bruit, la transformation des terres et la gestion des courants associés à l'hydroélectricité, alors que d'autres impacts environnementaux sont le fruit d'une estimation présentant une part d'incertitude, comme par exemple une surestimation de la toxicité de métaux (ibid.).

Tel que cité plus haut dans le texte, les véhicules électriques peuvent se montrer avantageux d'un point de vue environnemental dans le contexte d'usage selon la distance parcourue. Par contre, ces véhicules continueront, malgré tout, à occuper l'espace public (stationnement et bornes de recharge) et à congestionner les routes (Morency, 2015). Morency (2015) souligne que malgré les efforts des villes et municipalités à accroître la part des véhicules hybrides ou électriques, leur nombre demeure faible comparativement à la voiture traditionnelle. Selon l'Association des Véhicules électriques du Québec (AVÉQ) (2018)²¹, le nombre de véhicules hybrides et électriques immatriculés au Québec (au 31 mars 2018) a été de 24 422, représentant un pourcentage estimé de 1,75% du parc automobile.

2.3 Les promesses de la voiture autonome : le cas de Tesla

La voiture autonome, véhicule qui circule sans l'intervention d'un conducteur, est considérée actuellement par l'industrie comme le futur de l'automobile. Biglia (2015) a décrit les avantages attendus liés à l'arrivée de la voiture autonome :

- (A) La diminution des accidents : l'amélioration des technologies présente dans la voiture autonome pourrait minimiser le nombre de décès liés aux accidents de la route, en considérant qu'une large majorité est due à des erreurs humaines ;
- (B) La diminution de la pollution : une minimisation de la consommation de carburant pourrait être réalisée grâce une conduite automatisée (moins de freinage et d'accélération et le maintien d'une vitesse stable) ;
- (C) La diminution de la congestion : la communication en temps réel entre les véhicules et l'infrastructure pourrait minimiser la formation d'embouteillage en offrant des trajets alternatifs (véhicule autonome et connecté) ;
- (D) L'amélioration de la productivité des personnes : les usagers de la voiture autonome auraient la possibilité d'utiliser leur temps de transport pour travailler, se divertir ou se reposer ;
- (E) L'amélioration de l'accès à la mobilité : la voiture autonome pourrait démocratiser le transport de catégories d'individus qui utilisent peu la voiture conventionnelle, tels que les aînés, les personnes handicapées, les jeunes âgés de moins de 16 ans et les personnes sous influence de drogues et d'alcool ;
- (F) Et, dans un cas plus prospectif, une diminution notable du poids des véhicules en raison d'un plus faible nombre d'accidents et donc du retrait des matériaux pour la sécurité des passagers.

Malgré les avantages offerts par la voiture autonome selon Biglia (2015), son arrivée sur le marché nécessitera qu'une réflexion approfondie soit faite pour mieux légiférer sur les enjeux suivants :

- (A) Les défis juridiques engendrés par la voiture autonome dans les domaines de la sécurité et de la protection des données personnelles qui préfigurent une nouvelle approche de la régulation ;

21. <http://www.aveq.ca>

- (B) Les questions de responsabilité civile, notamment dans le cas de dommages causés par un véhicule autonome, et éthiques, en cas d'accident, à savoir si la voiture choisira de protéger ses occupants ou de sauver des piétons qu'elle mettrait en danger (Romain (2017).

Au-delà de nombreux enjeux soulevés par la mise sur le marché de la voiture autonome, l'Institut Montaigne (2017) soutient que son développement sera une technologie prometteuse dès qu'elle aura atteint un meilleur « potentiel d'amélioration en termes de sécurité routière, de qualité de vie, d'accès à la mobilité ou encore de performance environnementale, tant dans les centres urbains que dans les territoires périphériques » (p. 23). Les défis entourant la voiture autonome et connectée sont divers et doivent être clarifiés avant l'arrivée de cette technologie de rupture sur les routes.

Le constructeur de voitures électriques, Tesla Motors, fondé par Elon Musk, Martin Eberhard, Marc Tarpenning, JB Straubel et Ian Wright en 2003, a su saisir l'importance des enjeux actuels entourant le marché automobile (variation du prix de pétrole, etc.) (Veter Linden, 2016). Ce contexte a permis l'émergence d'alternatives plus durables à l'utilisation du véhicule à essence. Les voitures développées par Tesla se rapprochent davantage d'une technologie (software et hardware) centralisant les fonctionnalités de la voiture que d'une voiture traditionnelle, car le cœur de la voiture est l'écran tactile connectée à Internet qui contrôle toutes ses fonctionnalités. Cet apport technologique offre au client Tesla une expérience de conduite différenciée. La voiture Tesla devient un objet de désir des passionnés par l'automobile et de la technologie.

En ce qui concerne les niveaux d'automatisation, la Society of Automotive Engineers (SAE) classe les voitures autonomes sur une échelle allant de 0 à 5, où le niveau 0 représente les voitures sans aucun type d'automatisation et le niveau 5 représente des voitures complètement autonomes. Les véhicules Tesla sont probablement l'exemple le plus avancé de véhicules de niveau 2 sur le marché puisqu'elles peuvent être conduites sur de longues distances, sans aucune intervention du conducteur à partir de leur système de pilotage automatique (Godsmark, 2017).

Veter Linden (2016) définit, à partir d'une analyse des différences entre les concurrents, le client type de Tesla comme un homme âgé de 30 à 50 ans appartenant à une classe sociale aisée qui se préoccupe de l'impact de sa conduite sur l'environnement. Selon cet auteur, il y a trois facteurs principaux qui amènent des individus à acheter une Tesla :

- (A) Le revenu : comme les voitures de Tesla sont chères, à partir de \$74.500²² pour le modèle S, les clients doivent avoir un revenu élevé.
- (B) Le rattachement écologique : pour s'intéresser à une voiture Tesla, les clients doivent aussi avoir une forte conscience écologique, car ils ont plusieurs choix, parmi les véhicules de luxe dans cette échelle de prix, disponibles au marché.
- (C) La sensibilité à la technologie : la haute technologie présente dans la voiture Tesla est un attrait pour ses clients qui paient plus cher pour vivre l'expérience de conduire une voiture Tesla.

Ce client type serait, par ailleurs, sensible aux nouveautés technologiques que Tesla apporte, notamment avec la conduite autonome et l'écran de bord tactile (ibid.). Cependant, la motivation d'achat chez une grande partie des clients de Tesla ne serait pas liée à une volonté altruiste de « sauver la planète », mais plutôt à l'envie de s'offrir une expérience totalement inédite (Chain, 2014) et aussi de montrer son

22. <https://www.tesla.com/models/design?redirect=no>

appartenance à une classe sociale élevée. Le danger des voitures autonomes est de rendre attrayant le fait de posséder une voiture. En effet, la voiture autonome pourrait démocratiser l'utilisation de l'auto-solo. Il est possible que la voiture autonome stimule une transition vers un marché de service à la demande, c'est-à-dire que les individus pourront utiliser une voiture sans avoir besoin de la posséder. Dans ce sens, les véhicules autonomes s'inscriraient dans une vision de flotte de véhicules partagés.

Les impacts environnementaux et sociaux de la voiture autonome sont encore très hypothétiques, car cette technologie est encore en phase de test. En termes d'analyse environnementale (et sociale) de l'ACV, il est difficile de savoir si cette technologie apportera un gain global sur les GES évités et/ou si elle déplacera certains impacts environnementaux. En effet, la voiture autonome pourrait diminuer le gain en GES, mais elle pourrait contribuer à une production de déchets très toxiques, comme dans le cas du véhicule électrique, et à une utilisation de métaux rares du fait de la technologie embarquée dans ce type de véhicule.

Alors que la voiture autonome peut être perçue comme le futur de l'automobile, les voitures hybrides et électriques occupent une place de plus en plus importante sur le marché. Au Québec, la vente de véhicules électriques augmente progressivement et la province s'efforce de rendre disponible un réseau de bornes de recharge plus efficace. Par exemple, la Ville de Montréal a annoncé que les bornes des recharges pour les véhicules électriques seraient disponibles dans 19 arrondissements d'ici 2019 (en date de publication du rapport, il existe 402 bornes disposées dans 10 arrondissements) (Marsolais, 2018). Selon l'Association des véhicules électriques du Québec, les véhicules hybride se sont mieux vendus en 2017 que les véhicules 100% électriques à hauteur de 54 et 46%, respectivement. La vente de véhicules électriques a représenté 1,6% du marché de vente de voitures en 2017 (ibid.).

2.4 Perspectives de recherche futures

Étant donné que la voiture autonome fera probablement partie du paysage automobile de demain (Romain, 2017, Biglia, 2015), plusieurs enjeux mériteraient d'être étudiés plus en profondeur pour mieux comprendre les défis qui entourent son développement. Il est probable que la voiture autonome puisse augmenter l'utilisation globale de l'automobile (moins de temps de stationnement et plus de temps sur les routes). Dans cette situation, les impacts potentiels des véhicules connectés sur le trafic mériteraient d'être analysés plus en détails. Par ailleurs, comme les enjeux éthiques et législatifs sont peu abordés dans la littérature, ils pourraient également représenter une avenue de recherche pertinente à explorer.

En ce qui concerne les applications technologiques en faveur de l'intermodalité, elles peuvent représenter un levier intéressant pour la soutenir. D'après Miroux et Lefèvre (2012), elles font partie des solutions à envisager dans la recherche d'alternatives pour la mise en œuvre de transports plus durables. L'intermodalité, qui représente un levier pertinent pour les politiques publiques de transport, reste largement sous-représentée auprès des personnes âgées, mais également chez les individus se déplaçant pour des activités de loisirs souvent éloignées de leur domicile (Richer, Rabaud & Lannoy, 2015). Ces deux thématiques représentent des avenues potentiellement fécondes pour la suite de la recherche.

Les TIC offrent un grand potentiel pour relever les défis inhérents au changement de comportement de mobilité et de transport. La façon dont elles influenceront la mobilité future des individus demeure importante à caractériser pour la conception d'alternatives innovantes capables de réduire la dépendance à l'automobile (Malene et al., 2018).

Section 3

Les variables influençant le choix modal et les alternatives à la voiture

Il est généralement entendu que plus une offre de transport public est développée, plus les chances sont élevées que les individus les utilisent et qu'ils n'aient, de facto, pas recours à leur voiture personnelle pour se déplacer. Selon Martel Poliquin (2012), le choix d'un mode de transport, connu sous le terme de choix modal, est une composante majeure du comportement de mobilité d'un individu. Le choix modal est influencé par plusieurs déterminants tels que le coût, le temps, la distance, l'environnement bâti, l'espace pour transporter des marchandises, etc. En conséquence, l'offre de transport ainsi que les caractéristiques propres à chaque mode de transport auront une incidence sur le comportement de mobilité des individus.

La section 3 offre un aperçu des principales variables influençant le choix modal, puis leur effet sur certains profils de citoyens sont sommairement présentés. La dernière partie aborde les principales alternatives à la voiture, notamment l'autopartage et les modes de transport actifs.

3.1 Les principales variables influençant le choix modal

Il existe dans la littérature plusieurs catégorisations des variables influençant le choix modal. Dans le cadre de ce rapport, les catégories de Martel Poliquin (2012) sont présentées, car cet auteur a réalisé une analyse exhaustive des facteurs qui peuvent influencer le choix modal. Martel Poliquin (2012) souligne que les comportements de mobilité varient en fonction de paramètres intrinsèques à la personne, tels que l'âge et le genre, et de paramètres extrinsèques, comme la possession d'un véhicule, la profession, la possession d'un permis de conduire. Ces paramètres ont une influence sur la capacité des personnes à utiliser un mode de transport. Par exemple, les aînés ne sont pas aussi mobiles que les autres catégories d'âge et il y a une motorisation élevée de la tranche d'âge 25-65 ans.

Le choix modal contraint à la sélection d'un parcours qui, lui-même, est contraint à un réseau propre et une flexibilité variable (Martel Poliquin, 2012). Par exemple, un usager qui utilise le transport en commun est contraint par l'offre d'un réseau de transport qui couvre son lieu de destination. Ce contexte facilite l'utilisation de l'auto-solo, lorsque l'usager n'a pas d'autre alternative pour son déplacement.

Gandit (2007) propose, quant à lui, la prise en compte de la combinaison de facteurs subjectifs aussi appelés déterminants psychologiques et qui inclut les perceptions, les attitudes, les normes sociales et la présentation de soi ainsi que des facteurs techniques, comme l'étalement urbain, la distance et la durée des trajets, pour mieux comprendre les choix de déplacement des individus plutôt que de se baser uniquement sur des déterminants sociodémographiques. L'auteur explique que les déterminants psychologiques sous-jacents au choix d'un mode de transport sont nombreux. Ils auraient un impact sur la perception des aspects instrumentaux et symboliques associés à chaque mode de transport, sur les habitudes des usagers et sur les aspects d'identification, tels que les normes sociales. Par exemple, le fait de regarder si tel ou tel type de transport est disponible est aussi conditionné par notre perception de ces modes de déplacement. Un individu qui perçoit que les transports en commun comme étant sales ou destinés aux personnes à revenus modestes ne va pas forcément s'informer sur ce mode de déplacement. Le tableau 6 présente une synthèse des principales variables influençant le choix modal, qui sont composées par des facteurs subjectifs et socio-démographiques et techniques. Ces facteurs sont interreliés et leurs combinaisons dans les politiques visant à réduire l'auto-solo ont le potentiel de maximiser l'efficacité des résultats.

Tableau 6 : Synthèse des principales variables influençant le choix modal

Les principales variables influençant le choix modal		
Facteurs	Variables	Exemples
Subjectifs	Déterminants affectifs	Le plaisir et les sensations fortes lors de la conduite.
	Déterminants symboliques	L'estime de soi, le prestige, les perceptions, les attitudes, les normes sociales, la présentation de soi, etc.
Socio-démographiques et techniques	Variables de la personne	Le genre, l'âge, l'ethnicité et la religion.
	Variables du ménage	La structure du ménage et son revenu.
	Variables de l'environnement bâti	L'étalement urbain, les propriétés urbanistiques macroscopiques, les caractéristiques mésoscopiques et les propriétés du quartier (densité de population, densité d'emplois, mixité des usages, connectivités et tortuosités des réseaux de transport et distance d'accès au transport en commun).
	Variables des déplacements	La distance et durée des trajets à parcourir et l'accessibilité aux lieux d'activités (ce facteur est conditionné par les caractéristiques du milieu bâti, les réseaux de transports, la mixité et la densité des usages du sol).
	Autres variables	La topographie, les conditions météorologiques et la dépendance à l'automobile (notions comportementales, déterminantes de la possession automobile).

Source : da Silva (2018) selon Gandit (2007) et Martel Poliquin (2012).

3.2 Les mesures techniques permettant de réduire l'usage de l'automobile

Selon Gandit (2007), il existe de nombreuses alternatives pour réduire l'utilisation de l'automobile dans les déplacements quotidiens des usagers. Ces alternatives peuvent consister à :

- (1) Réduire physiquement la place de la voiture : en matière de politiques publiques, les actions sur les comportements des individus consistent souvent à utiliser des leviers financiers, tels qu'une hausse du prix du stationnement, la mise en place d'un péage urbain ou l'implémentation de taxes sur des carburants les véhicules polluants. Ces initiatives de type bâton (ou push en anglais) visent à contraindre les automobilistes à utiliser les modes alternatifs de déplacement comme le covoiturage ou le transport collectif (Washbrook, Haider et Jaccard, 2006, cité dans Gandit, 2007).

- (2) Favoriser le recours aux transports en commun : trois leviers possibles ont été identifiés par Gandit (2007). Le premier levier consiste à aménager des voies exclusivement réservées aux transports en commun ou des réseaux structurants en site propre. Le second levier vise à favoriser l'interconnexion entre les différents réseaux de transports en commun en ayant recours à des systèmes plus simples de tarification et à un système de paiement commun (p. ex. : carte à puce). Le troisième levier se concentre sur une amélioration du confort des transports en commun, de la fréquence, de la propreté, de la sécurité et de l'information aux usagers.
- (3) Développer de nouveaux services ou modes de déplacement :
- (a) L'autopartage : le partage d'un véhicule ou d'une flotte de véhicules mis à la disposition de plusieurs personnes (p. ex.: Communauto²³, Car2go²⁴) ;
 - (b) Partage pair-à-pair (peer-to-peer ou P2P) : modèle de partage qui permet aux clients de réserver en ligne ou à partir d'une application mobile des voitures offertes par des particuliers (p. ex.: Turo²⁵) ;
 - (c) Le covoiturage : le partage d'une même voiture par différentes personnes au cours d'un trajet donné (p.ex.: AmigoExpress²⁶, Covoiturage.ca²⁷, Monlift²⁸, Caribook²⁹) ;
 - (d) L'intermodalité : l'association de différents modes de transport durant un même trajet (ex. la combinaison du vélo et du transport en commun).

Ces alternatives doivent, néanmoins, toujours améliorer leur attractivité pour être plus compétitives que l'auto-solo, en offrant par exemple une grande flexibilité au niveau des itinéraires et des horaires ou en étant globalement moins dispendieuses (Ye, Pendyala & Gottardi, 2007 cités dans Martel Poliquin, 2012). Privé (2016) explique que, bien qu'il y ait une grande diversité de mesures visant à minimiser l'utilisation de l'auto-solo, leur opérationnalisation ne garantit pas leur succès. L'auteure explique que pour que la diminution de la dépendance automobile soit plus efficace, l'offre de modes de transport alternatifs doit aussi prévoir d'autres mesures à moyen et long terme, telles qu'un aménagement du territoire favorisant des comportements de mobilité durable et une gestion optimisée des déplacements.

L'aménagement du territoire est un facteur primordial pour inciter les individus à diminuer l'usage de l'auto-solo, tout en offrant des alternatives de transport sécuritaires et efficaces aux citoyens. En tant que facilitateur pour le développement et la structuration des quartiers durables, l'aménagement du territoire peut influencer considérablement la consommation énergétique dans les domaines du transport et du bâtiment (Vivre en ville, 2017)³⁰.

Les solutions proposées pour réduire le recours massif à la voiture individuelle dans les déplacements des personnes consistent en une combinaison de plusieurs stratégies de mobilité, telles que réduire le nombre de places de stationnement et mettre en place des péages urbains, tout en développant les lignes de transports en commun à l'intérieur des agglomérations (Gandit, 2007). Cependant, l'utilisation

23. <https://www.communauto.com>

24. <https://www.car2go.com>

25. <https://turo.com>

26. <https://www.amigoexpress.com/>

27. <https://www.covoiturage.ca/>

28. <https://www.monlift.com/>

29. <https://caribook.ca/>

30. <https://vivreenville.org/>

de ces structures ne dépend pas seulement de leur disponibilité, elles impliquent un changement profond d'attitude des citoyens par rapport à la voiture et à ces modes alternatifs de transport (ibid.)

3.2.1 L'économie du partage et la mobilité

Selon Morency (2015), l'économie du partage consistant à mettre en commun des biens, des services ou des connaissances, par exemple l'autopartage, le vélopartage ou le covoiturage, qui sont en pleine expansion dans les grandes villes. L'auteure souligne à partir d'un exercice théorique que la grande région de Montréal pourrait réduire jusqu'à 35 % le nombre de voitures en circulation (équivalent à 525 000 voitures), si tous les conducteurs automobiles de la région acceptaient de partager leur voiture (Morency, 2015). Communauto et Car2go, apparus en 1994 et 2013 respectivement, sont dorénavant bien connus des citoyens (Privé, 2016). Ce type de service peut inciter les individus à ne plus posséder d'automobile personnelle puisqu'ils offrent aux utilisateurs la possibilité de profiter des avantages d'une voiture, sans avoir besoin de la posséder et surtout d'en supporter seul les coûts.

Bien qu'attractif, l'autopartage présente aussi certaines limites. Les espaces utilisés pour le stationnement, que ce soit Communauto ou Car2Go, doivent cohabiter avec les autres infrastructures de transports et mobilier urbain. De plus, même si l'autopartage a le potentiel de réduire les émissions de GES et le nombre des voitures en circulation (Martin et Shaheen, 2011), les véhicules utilisés continueront à générer de la pollution de l'air, même si en plus petites quantités.

3.2.2 Les modes de transport actif

Le déploiement des transports publics, tels que le transport actif³¹ (marche et vélo) et le transport en commun, faciliterait l'adoption d'un mode de vie sans voiture dans le contexte urbain (Privé, 2016). Selon Vélo Québec, plus de la moitié (52 %) de la population québécoise est constituée de cyclistes³², tandis qu'aux États-Unis et en Australie, qui ont un climat généralement plus propice au vélo, le pourcentage de cyclistes dans la population est d'un tiers. Près de 1,9 million de Québécois se déplacent à vélo, régulièrement ou à l'occasion, pour se rendre au travail, à l'école ou ailleurs (ibid.). Ces données mettent en lumière le potentiel résidant dans les transports actifs comme le vélo pour la réduction de l'auto-solo au Québec. Le climat est considéré comme une contrainte pour le transport actif dans le contexte québécois et pour inciter la population à utiliser ce type de transport pendant l'hiver, les infrastructures doivent être repensées (Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports, 2018)³³.

Le programme créé par Vélo Québec, intitulé « À pied, à vélo, ville active³⁴ », vise à favoriser les déplacements actifs des enfants et de leurs parents sur le trajet domicile-école-travail, tout en créant un environnement sécuritaire. Parmi les avantages de la mise en œuvre d'un tel programme, Vélo Québec souligne (i) la diminution de la circulation automobile près de l'école, augmentant ainsi la sécurité aux approches des zones scolaires; (ii) l'accès sécuritaire aux abords de l'école pour les piétons et les cyclistes, ce qui rassure les parents; (iii) L'aménagement des rues qui enrichissent la vie de quartier et favorisent la rétention des familles; (iv) les enfants actifs quotidiennement, sont en meilleure forme physique et plus attentifs en classe.

31. Dans le déplacement réalisé par le transport actif, l'individu apporte l'énergie motrice pour sa locomotion (Vélo Québec).

32. Données issues de l'étude réalisée par Vélo Québec intitulé « L'État du vélo au Québec 2015 » à partir d'un sondage sur la pratique du vélo au Québec mené à l'échelle de la province à l'automne 2015 (http://www.velo.qc.ca/files/file/expertise/VQA_EDV2015_fr_lr.pdf).

33. https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/DocumentsPMD/PMD-09-cadre-intervention.pdf

34. http://www.velo.qc.ca/files/file/TA/VQ_VilleActive2014.pdf

Morency (2015) souligne que les modes de transports actifs ont un grand potentiel et qu'ils pourraient se matérialiser si les aménagements, les priorités gouvernementales et les incitatifs requis étaient mis en place. En effet, sur l'île de Montréal, 22% des déplacements effectués par véhicule motorisé (auto, autobus, etc.) pourraient se faire à pied et/ou à vélo (L'État du vélo à Montréal, 2015)³⁵. D'un point de vue santé publique, l'utilisation des transports actifs (marche, vélo, etc.) pour les déplacements quotidiens représenterait une bonne source d'activités physiques pour les citoyens (Misslin et al., 2015).

3.3 Perspectives de recherche futures

L'augmentation de l'offre de transport alternatif demeure un levier intéressant pour réduire la dépendance des individus à l'auto-solo. De plus, le choix modal peut aussi être influencé par des facteurs contextuels, tels que l'urbanisation, le système des transports urbains et les valeurs associés à ces facteurs. La compréhension de l'origine de ces valeurs et de la façon dont elles sont perçues et accueillies par les usagers de transports urbains et les automobilistes peut être une avenue féconde de recherche. Ces valeurs sont souvent synonymes des besoins fondamentaux essentiels au bien-être humain (Marshall, 2002). Cette compréhension pourrait être un potentiel levier capable d'augmenter l'efficacité des interventions visant la réduction de l'auto-solo, car ces valeurs ont un impact direct sur la perception des citoyens par rapport à chaque mode de transport et donc par rapport à leur ouverture à les utiliser.

L'autopartage et le covoiturage, considérés comme des alternatives intéressantes pour réduire le phénomène de l'auto-solo, mériteraient d'être plus étudiés pour les rendre encore plus attractives auprès des citoyens. Une avenue de recherche possible serait la compréhension des facteurs subjectifs et des déterminants psychologiques associés aux transports alternatifs afin d'amener ceux qui ne les utilisent pas à les utiliser davantage.

35. http://www.velo.qc.ca/files/file/expertise/VQ_EDV2015_Mtl.pdf

Conclusion générale

Historiquement, le culte de l'automobile s'est, en partie, construit autour de la possession individuelle d'un véhicule. Signe de statut social, de liberté et de contrôle, mais également à l'origine des conséquences négatives sur l'environnement, la santé publique et la qualité de vie des individus, le culte dominant de l'auto-solo est en train de prendre un virage. Les enjeux de mobilité durable sont désormais au cœur des préoccupations politiques, environnementales et institutionnelles. L'accroissement de la population dans les centres urbains, qui ont été aménagés en vue de soutenir l'usage de l'automobile, et l'augmentation du nombre de véhicules sur les routes ont intensifié les problématiques sociales, environnementales et économiques entourant le phénomène de l'auto-solo.

La dépendance à la voiture et, plus spécifiquement, le phénomène de l'auto-solo peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs de nature subjective et technique ainsi que la motivation de nature objective, symbolique et psychologique des individus à utiliser et posséder une voiture. Les facteurs techniques et les motivations objectives sont généralement considérés dans les interventions structurelles (aménagement de routes, changement dans le trafic des grandes villes, etc.) réalisés par les politiques publiques en matière de transport. Cependant, l'auto-solo n'est pas un problème uniquement d'ordre technique. Le changement de comportement des individus implique de mieux comprendre les facteurs psychosociaux conditionnant leur comportement en vue de mettre en place des stratégies efficaces pour évoluer vers une mobilité durable. Par ailleurs, l'image de la voiture ainsi que celle des transports alternatifs à la voiture (transport public, actif, etc.) doivent être repensées dans l'imaginaire collectif en vue de contourner certaines barrières psychologiques (manque de propreté, de sécurité, etc.) fortes empêchant d'atteindre une pleine efficacité dans la mise en œuvre de plans de mobilité durable. Ce changement de paradigme doit se faire de façon à dépasser les intérêts individuels de l'auto-solo pour mettre de l'avant les multiples bénéfices collectifs des transports en commun et actifs.

Sur la base de cette analyse de la littérature, il a été possible d'identifier les zones d'ombre et les aspects qu'il pourrait être pertinent de documenter dans le contexte québécois. Ci-dessous sont suggérées quelques avenues de recherche à explorer pour la poursuite de ce grand chantier autour du phénomène de l'auto-solo :

- (A) La compréhension, l'identification et la caractérisation des déterminants psychologiques, notamment ceux de nature symbolique et subjective, et leur influence sur le choix modal ;
- (B) La compréhension des comportements d'utilisation des divers types de transport à partir du regard disciplinaire des sciences humaines et sociales ;
- (C) Les impacts du comportement de mobilité de la génération Z sur l'avenir du transport ;
- (D) Les enjeux éthiques et législatifs concernant la voiture autonome et l'identification de ses potentiels bénéfiques (environnementaux, sécuritaires, etc.) dans une perspective de mobilité durable ;
- (E) Les TIC comme levier à l'intermodalité et la compréhension de leur rôle dans le développement des futurs plans de mobilité durable ;
- (F) La compréhension des valeurs générées par les facteurs contextuels (l'urbanisation, le système des transports urbains) du choix modal des individus et la façon dont elles sont perçues et accueillies par les usagers des transports urbains.

L'étude de ces thématiques pourrait faciliter la compréhension globale du phénomène de l'auto-solo afin de soutenir la mise en œuvre de stratégies d'action communes soutenant la définition de plans de mobilité durable au Québec.

Références bibliographiques

- Aguilera, A., Conti, B., & Le Néchet, F. (2017). Accompagner la transition vers des mobilités plus durables dans le périurbain. *Transports Urbains-mobilités réseaux territoires*(130).
- Bayart, C., Lancini, A., & Viot, C. (2017). L'intention d'adopter des objets connectés chez les jeunes de la génération y et z.
- Bettendorf, N. (2017). Generation Z may not want to own cars. Can automakers woo them in other ways? Retrieved from <https://www.npr.org/2017/12/08/568362029/generation-z-may-not-want-to-own-cars-can-automakers-woo-them-in-other-ways>
- Biglia, A. (2015). Analyse prospective sur l'implémentation de la voiture autonome: impact sur l'industrie automobile et le citoyen. (Master), Université catholique de Louvain.
- Bursaux, D. (2014). Quelles sont les attentes des voyageurs en France? Paper présenté aux Annales des Mines-Responsabilité et environnement.
- Chain, P. (2014). Computer On Wheels, l'ordinateur à roues de Tesla. *Le journal de l'école de Paris du management*(4), 16-21.
- Chng, S., Abraham, C., White, M. P., Hoffmann, C., & Skippon, S. (2017). Psychological theories of car use: An integrative review et conceptual framework. *Journal of environmental psychology*.
- Davis, B., Dutzik, T., & Baxetall, P. (2012). Transportation et the new generation: Why young people are driving less and what it means for transportation policy.
- Delatte, A., Kettner, S., Schuppan, J., & Schwedes, O. (2014). Urban multimodal travel behaviour: towards mobility without a private car. Paper presented at the European Transport Conference 2014.
- Donald, I. J., Cooper, S. R., & Conchie, S. (2014). An extended theory of planned behaviour model of the psychological factors affecting commuters' transport mode use. *Journal of environmental psychology*, 40, 39-48.
- Frappier, A. (2015). Méthode d'évaluation de la diversité et de la qualité des alternatives de déplacement de transport en commun. École Polytechnique de Montréal.
- Gagné, L. (2017). Le SRB abétonné pour des raisons politiques, admet Labeaume. Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1063220/abeton-projet-srb-regis-labeaume-maire-quebec-levis>
- Gandit, M. (2007). Déterminants psychosociaux du changement de comportement dans le choix du mode de transport: le cas de l'intermodalité. Université Pierre Mendès-France-Grenoble II.
- Gardner, B., & Abraham, C. (2007). What drives car use? A grounded theory analysis of commuters' reasons for driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology et Behaviour*, 10(3), 187-200.
- Gardner, B., & Abraham, C. (2008). Psychological correlates of car use: A metaanalysis. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 11(4), 300-311. doi:10.1016/j.trf.2008.01.004
- Godsmark, P. (2017). The Definitive Guide to the Levels of Automation for Driverless Cars. Repéré à <https://driverless.wonderhowto.com/news/definitive-guide-levels-automation-for-driverless-cars-0176009/>
- Gossart, C. (2017). Les enjeux sociétaux des objets connectés. Interview de Maryline Laurent, Professeur à Télécom SudParis et spécialiste des objets connectés. *Terminal. Technologie de l'information, culture & société*(120).
- Gossling, S. (2017). *The Psychology of the Car: Automobile Admiration, Attachment, et Addiction*: Elsevier.

- Graham-Rowe, E., Skippon, S., Gardner, B., & Abraham, C. (2011). Can we reduce car use et, if so, how? A review of available evidence. *Transportation Research Part A: Policy et Practice*, 45(5), 401-418.
- Grimal, R. (2015). *L'auto-mobilité au tournant du millénaire: une approche emboîtée, individuelle et longitudinale*. (Doctoral dissertation), Université de Paris Est.
- Godsmark, P. (2017). The Definitive Guide to the Levels of Automation for Driverless Cars. Repéré à <https://driverless.wonderhowto.com/news/definitive-guide-levels-automation-for-driverless-cars-0176009/>
- Hubert, J. P., Pistre, P., & Madre, J. L. (2016). L'utilisation de l'automobile par les ménages dans les territoires peu denses: analyse croisée par les enquêtes sur la mobilité et le Recensement de la population. *Economie et Statistiques*(483-484-485), 179-203.
- Institut Montaigne. (2017). Quelle place pour la voiture demain? Repéré à <http://www.institutmontaigne.org/res/files/publications/rapport-quelle-place-voiture-de-demain-rapport.pdf>
- Kett, J., Rode, P., Hoffmann, C., Graff, A., & Smith, D. (2015). Gauging interventions for sustainable travel: A comparative study of travel attitudes in Berlin et London. *Transportation Research Part A: Policy et Practice*, 80, 35-48.
- Laviolette, J. (2018). *Comprendre et agir sur les déterminants psychosociaux du modèle de mobilité fondé sur la possession et l'usage individuel de la voiture*. Montréal, Canada : Fondation David Suzuki.
- Le Néchet, F., Nessi, H., & Aguilera, A. (2016). La mobilité des ménages périurbains au risque des crises économiques et environnementales. *Géographie, économie, société*, 18(1), 113-139.
- Luangsay-Catelin, C. (2016). Une génération comme les autres ou un nouvel élan? *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, 22(53), 211-228.
- Lyons, G. (2015). Transport's digital age transition. *Journal of Transport et Let Use*, 8(2), 1-19.
- Malene, F.-P., Katrine, H.-P., & Emmy, F. (2018). *Experiencing Networked Urban Mobilities: Practices, Flows, Methods* (Vol. Volume 2): Taylor & Francis.
- Mancebo, F. (2014). Périurbanisation et durabilité: inverser la perspective. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Marshall, R. (2002). *Les mots sont des fenêtres (ou bien ce sont des murs)*. Introduction à la Communication Non-Violente, éditions Syros.
- Marsolais, M. (2018). Québec va presque doubler le nombre de bornes de recharge. Repéré à <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1096276/montreal-salon-vehicules-electriques>
- Martel Poliquin, É. (2012). *Mieux comprendre les déterminants du choix modal*. École polytechnique de Montréal.
- Martin, E. W., & Shaheen, S. A. (2011). Greenhouse gas emission impacts of carsharing in North America. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(4), 1074-1086.]
- Ménigault, C. (2014). *Quelle place pour le véhicule électrique au Québec?* (Doctoral dissertation, éditeur non identifié).
- Miroux, F., & Lefèvre, B. (2012). Mobilité urbaine et technologies de l'information et de la communication (TIC): enjeux et perspectives pour le climat. *Studies*, 5, 56.

- Misslin, R., Charreire, H., Weber, C., Eaux, C., Bastian, T., Simon, C., & Oppert, J.-M. (2015). Mobilités actives et santé: apports et limites d'un protocole de mesure de la marche et du vélo combinant des capteurs de mouvements (GPS et accéléromètres). *Cybergeog: European Journal of Geography*.
- Morency, C. (2015). Faire bouger les transports: c'est le tournant de la durabilité pour nos villes. *Alternatives Journal*, 41(1), 48-52.
- Morency, C. (2018). 100 idées pour faire avancer le Québec : une hésitation incompréhensible. La Presse.
- Möser, G., & Bamberg, S. (2008). The effectiveness of soft transport policy measures: A critical assessment and meta-analysis of empirical evidence. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 10-26. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.09.001>
- Nelson, N. (2013). Why millennials are ditching cars et redefining ownership. Repéré à <https://www.npr.org/2013/08/21/209579037/why-millennials-are-ditching-cars-et-redefining-ownership>
- Nordlund, A. M., & Garvill, J. (2003). Effects of values, problem awareness, et personal norm on willingness to reduce personal car use. *Journal of environmental psychology*, 23(4), 339-347.
- Privé, S. (2016). La mobilité durable dans l'espace périurbain et rural québécois: scénarios prospectifs.
- Richer, C., Rabaud, M., & Lannoy, A. (2015). L'intermodalité au quotidien. Un panorama de la mobilité intermodale en France.
- Rodhain, A., Rodhain, F., Fallery, B., & Galy, J. (2017). TIC et/ou développement durable: le paradoxe écologique vécu par les utilisateurs. In *Annales des Mines-Gérer et comprendre* (No. 2, pp. 48-61). FFE.
- Romain, G. (2017). L'adaptabilité de la règle de droit face à l'émergence des véhicules connectés et autonomes.
- Sioui, L. (2014). Pour une approche pragmatique et opérationnelle de la mobilité durable: Concept, méthodes et outils. École Polytechnique de Montréal.
- 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. doi:10.1016/j.tra.2004.07.001
- Stradling, S. (2007). Determinants of car dependence Threats from Car Traffic to the Quality of Urban Life: Problems, Causes et Solutions (pp. 187-204): Emerald Group Publishing Limited.
- TomTom. (2016, 28 mars 2018). TomTom traffic index: Measuring congestion worldwide. Repéré à https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/list?citySize=LARGE&continent=NA&country=ALL
- Twenge, J. M., & Park, H. (2017). The Decline in Adult Activities Among US Adolescents, 1976–2016. *Child development*.
- Verset, J.-C. (2016). La batterie: le côté obscur de la voiture électrique. Repéré à https://www.rtf.be/info/societe/detail_la-batterie-le-cote-obscur-de-la-voiture-electrique?id=9280221
- Veter Linden, M. (2016). Tesla, changement de paradigme ou feu de paille? , Haute école de gestion de Genève.
- Wappelhorst, S., Sauer, M., Hinkeldein, D., & Borchering, A. (2014). Electric carsharing for a sustainable future mobility–Potential in rural areas. Paper presented at the International Scientific Conference on Mobility et Transport.
- Xiong, C., & Zhang, L. (2017). Dynamic travel mode searching et switching analysis considering hidden model preference et behavioral decision processes. *Transportation*, 44(3), 511-532.

