

Titre: Caractérisation de l'offre de transport interurbain par autocar au Québec
Title:

Auteur: Clémentine Barbier
Author:

Date: 2016

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Barbier, C. (2016). Caractérisation de l'offre de transport interurbain par autocar au Québec [Master's thesis, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/2240/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/2240/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Catherine Morency, & Martin Trépanier
Advisors:

Programme: Génie civil
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CARACTÉRISATION DE L'OFFRE
DE TRANSPORT INTERURBAIN PAR AUTOCAR AU QUÉBEC

CLÉMENTINE BARBIER

DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE CIVIL)

AOÛT 2016

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

CARACTÉRISATION DE L'OFFRE
DE TRANSPORT INTERURBAIN PAR AUTOCAR AU QUÉBEC

présenté par : BARBIER Clémentine

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

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

M. FAROOQ Bilal, Ph. D., président

Mme MORENCY Catherine, Ph. D., membre et directrice de recherche

M. TRÉPANIÉ Martin, Ph. D., membre et codirecteur de recherche

M. BONNEL Patrick, Dr., membre

DÉDICACE

*« C'est dans l'effort que l'on trouve la satisfaction et non
dans la réussite. Un plein effort est une pleine victoire. »*

Gandhi

Pour Laura M., cette étoile qui nous a quittés trop jeune...

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier sincèrement ma directrice de recherche, Catherine Morency, qui m'a permis de travailler sur le sujet qui me tenait à cœur et m'a conseillée tout au long de ce travail. Un grand merci à mon co-directeur, Martin Trépanier, dont les remarques toujours très pragmatiques m'ont permis de me recentrer plusieurs fois.

Ma reconnaissance va également aux organismes qui ont financé cette recherche, à savoir le Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada (CRSNG) et la Fédération des transporteurs par Autobus (FTA).

Je réserve un très grand merci pour les transporteurs, sans la collaboration desquels ce travail n'aurait pas eu lieu : Orléans Express (groupe Keolis), Limocar (groupe Transdev), Autobus Maheux, Intercar, Galland et Autobus Breton. Merci de m'avoir reçue, de m'avoir confié vos données et d'avoir répondu à mes multiples demandes et questions, même les plus exigeantes...

Je voudrais aussi souligner ici le rôle important de mon école d'origine, l'École Nationale des Travaux Publics de l'État à Lyon (ENTPE) et celui de toutes les personnes qui m'ont accordé leur confiance et leur aide pour cette aventure qu'a été la troisième année hors-école à Montréal. En particulier, merci à mon responsable et chef du département Transports à l'ENTPE, Patrick Bonnel, qui m'a soutenue et encouragée dans ma démarche et mon travail de recherche, et merci à son assistante, Laurence Lijewski, qui a toujours su répondre à mes préoccupations efficacement et de manière personnalisée. Merci également à la Région Rhône-Alpes pour la Bourse Explo'RA Sup qui m'a permis de financer une partie de cette mobilité internationale.

Je voudrais exprimer toute ma gratitude aux associés de recherche et aux étudiants pour leur expertise, leur disponibilité et leur soutien technique et moral : Julien, Pierre-Léo, Hubert, Philippe, Antoine, Antoine, Guilhem, Gabriel, Charles, Sonia, TingTing et tous les autres.

Un énorme merci enfin à mes parents, Emmanuelle et Jean Michel, sans qui je n'en serais pas là aujourd'hui. Merci également à mes frères, Romain, Valentin et Anthony, à mes amis et à ma famille (française et québécoise), qui me soutiennent et me font progresser chacun à leur manière.

Et j'allais oublier le plus important : merci à mes relecteurs pour leurs corrections et remarques toujours pertinentes et pour leur exigence qui n'épargne pas la moindre virgule !

RÉSUMÉ

À l'heure où le transport urbain et les enjeux liés à congestion concentrent la majorité des préoccupations des planificateurs et des autorités organisatrices de transport, le transport interurbain est souvent mis de côté et il ne reçoit pas l'attention qu'il devrait. Cela se vérifie notamment au niveau des articles de recherche, des études et des enquêtes sur les déplacements de longue distance, qui ne sont pas légion. Cependant, le transport interurbain a connu durant les vingt dernières années, et connaît actuellement, des mutations importantes partout dans le monde. En particulier en Europe, l'Allemagne et plus récemment la France ont ouvert à la concurrence le marché du transport de longue distance par autocar. Aux États-Unis, un nouveau modèle industriel, les bus en bordure de trottoir, s'est développé comme une alternative au modèle classique.

Le transport interurbain par autocar est donc l'objet de ce rapport, lequel constitue la seconde étape d'un projet de recherche de plus grande ampleur. « L'objectif de ce projet de recherche est de contribuer au développement de méthodes et d'outils utiles, d'une part aux opérateurs de services de transport interurbain par autocar et permettant à ce mode de faire partie des constats et stratégies visant à réduire la dépendance à l'automobile, et d'autre part aux planificateurs des systèmes de transport régionaux et nationaux afin qu'ils puissent intégrer l'offre et la demande interurbaine dans la prise de décisions stratégiques » (citation tirée de la proposition de recherche).

Plus spécifiquement, le présent rapport vise à caractériser l'offre et ses performances pour le réseau québécois, dans l'optique de développer une meilleure connaissance de ce système, ainsi qu'une méthode de création et d'analyse systématique d'une base de données adaptée au transport interurbain par autocar.

Dans un premier temps, la revue de littérature définit le transport interurbain et dresse un portrait de l'état actuel des connaissances sur l'offre au Québec. De plus, elle définit et formalise 92 indicateurs décrivant l'offre de transport interurbain selon cinq grands axes : l'axe opérationnel (réseau, lignes, arrêts, véhicules, coûts d'exploitation), l'axe commercial (niveau de service, tarification, coût généralisé), la qualité de service (correspondances, information voyageurs, confort et service à la clientèle, sécurité et sûreté, accessibilité universelle, impact environnemental), l'accessibilité (sociodémographique, spatiale et temporelle et opportunités) et la compétitivité (intégration modale et concurrence).

Dans un second temps, la méthodologie employée pour créer une base de données au format GTFS rassemblant l'offre des six transporteurs interurbains les plus importants au Québec est présentée. Ces transporteurs, partenaires de la présente recherche, sont Autobus Maheux, Galland Laurentides, Transdev Québec (Limocar), Keolis Canada (Orléans Express), Autobus Breton et Intercar.

Dans un troisième temps, les indicateurs retenus et la base de données créée sont utilisés afin de quantifier, de qualifier et d'analyser l'offre et ses performances. Les principaux résultats établissent que le réseau est très étendu et qu'il compte 18 000 km de lignes. Le voyage direct le plus long fait plus de 635 km (Montréal – Rouyn-Noranda) et le voyage avec correspondances le plus long est de plus de 1 110 km (Montréal – Havre-Saint-Pierre). On estime que les six transporteurs offrent chaque semaine plus de 15,7 millions de places-km, répartis en environ 290 000 véh-km, 4 100 véh-h, 68 000 places et plus de 1 300 départs hebdomadaires, avec une moyenne de 190 départs quotidiens.

De plus, le réseau relie entre elles 18 % des municipalités du Québec. La notion d'accessibilité de la population au système de transport interurbain varie énormément d'un mode à l'autre : 11 % de la population vit à distance marchable de l'arrêt de transport interurbain le plus proche (1,6 km), moins de 45 % demeure à distance cyclable (6 km) et environ 75 % des personnes sont situées à moins de 15 km (distances calculées à vol d'oiseau entre l'arrêt le plus proche et le centroïde de l'aire de diffusion de domicile), d'après le traitement effectué sur les données du Recensement Canada 2011.

Les arrêts identifiés comme des points clés de correspondance sont Montréal, Québec, Sainte-Foy et Longueuil. D'autres municipalités sont également très desservies, parmi lesquelles Sherbrooke (et un certain nombre d'arrêts situés sur le corridor Montréal – Québec), l'aéroport P.E. Trudeau, Drummondville, Chicoutimi, Rouyn-Noranda, Val-d'Or, Jonquière et Rimouski. Les corridors reliant ces points nœuds du réseau sont également ceux qui concentrent l'offre la plus fréquente, allant jusqu'à une trentaine de passages par jour. En s'éloignant du cœur de ce réseau, les fréquences ont tendance à être plus faibles, avec une moyenne de 3 passages/jour par tronçon. Parmi les régions dans lesquelles l'offre est plus limitée, on trouve la Gaspésie, la Côte-Nord et une partie de l'Abitibi-Témiscamingue.

En ce qui concerne la répartition temporelle de l'offre, elle varie relativement peu durant la semaine, mais connaît des adaptations en fin de semaine, avec généralement des départs moins nombreux et plus tardifs le matin. Au cours de la journée, il est possible d'identifier les traditionnels pics d'offre correspondant aux heures de pointe le matin, le soir et plus faiblement le midi.

Enfin, dans un quatrième temps, la conclusion souligne les contributions, les limites et les perspectives du travail réalisé et elle émet des recommandations pour de futurs développements, tels que l'analyse de compétitivité entre les différents modes de transport interurbains présents au Québec (voiture, train, covoiturage et avion).

ABSTRACT

The current focus of most transport authorities and planners is aimed at urban transport and at other traffic-related issues. Therefore, intercity transport is often put aside and doesn't receive the attention it deserves. The fact that only a few research articles, studies and long haul surveys have been published on this topic, supports this observation. However, intercity transport has been changing a lot during the last twenty years. For example, Germany, and more recently France, have opened their interurban passenger coach markets to competition. Furthermore, curbsides buses have appeared and developed in the USA, introducing a new business model that competes with traditional coaches.

This report is the second step of a bigger research project on intercity coach transport. This project aims at contributing to developing methods and tools that will be useful for both intercity coach transport operators and national and regional transport planners. On the one hand, this will allow operators to give this mode of transport a fairer share in the observations and strategies to reduce car dependency and, on the other hand, planners will be able to include intercity supply and demand in strategic decisions.

To be more specific, the current report's goal is to characterize the network's supply and performances in Québec. It aims at developing a better knowledge of the system and a method to create and systematically analyse a database fit for passenger coach transport.

First, the literature review defines what intercity transport is and draws an overview of supply in Québec. Moreover, it lists and formalizes 92 indicators to describe the supply. These indicators are gathered in five groups : operational indicators (network, routes, stops, vehicles, operating costs), commercial indicators (level of service, fares, generalized cost), quality of service indicators (connections, passenger information, comfort and customer service, safety and security, universal accessibility and environmental impact), accessibility indicators (sociodemographic, spatial and temporal accessibility and opportunities) and competitiveness indicators (modal integration and competition).

Second step introduces the methodology used to create a database composed of GTFS feeds that gather information about the supply provided by the six biggest intercity providers in Québec. These operators and research partners are Autobus Maheux, Galland Laurentides, Transdev Québec (Limocar), Keolis Canada (Orleans Express), Autobus Breton and Intercar.

Third, the newly created database and the indicators from the literature review are used to quantify, qualify and analyse supply and its performances. The main results showed a very wide intercity coach network composed of 18 000 km of routes. The longest direct trip is more than 635 km long (Montreal – Rouyn-Noranda) and the longest trip involving connections is more than 1 110 km long (Montreal – Havre-St-Pierre). The six partner operators provide each week an estimated 15,7 millions of seats-km, divided in about 290 000 veh-km, 4 100 veh-h, 68 000 seats and more than 1 300 departures weekly, with an average of 190 daily departures.

In addition, the network connects 18 % of municipalities in Quebec. The concept of population accessibility to the intercity transport system varies significantly depending on the access or egress mode considered. Indeed, 11 % of the population live within walk distance (1,6 km) of the closest coach stop, less than 45 % live within cycling distance (4,5 km) and about 75 % live within 15 km (distances calculated as the crow flies between the closest stop and the centroid of the dissemination area of domicile), according to the processing of data from the 2011 Census of Canada.

Montreal, Quebec, Sainte-Foy and Longueuil are key stops for connections and consequently well served. A few other municipalities also benefit from a good coverage, such as Sherbrooke (and many of the stops located on the Montreal – Quebec corridor), P.E. Trudeau airport, Drummondville, Chicoutimi, Rouyn-Noranda, Val-d’Or, Jonquiere and Rimouski. Corridors connecting those nodal points concentrate the most frequent services, with up to thirty trips per day. Further from this network core, frequencies tend to be lower, with an average of 3 trips a day. Gaspésie, Cote-Nord and a part of Abitibi-Temiscamingue are amongst the areas where the supply is the lower.

As for supply temporal distribution, it does not vary much during the week. Most of the time, supply is adapted during the week end, with fewer services on Saturdays and Sundays and later departures. During the day, peak hours can be identified in the morning, the evening and more weakly at midday.

Finally, the report summary outlines the contributions and the limits of the research and suggests other perspectives and recommendations for future developments, such as competition analysis with other modes operated in intercity transport in Québec (car, train, carsharing and plane).

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	VIII
TABLE DES MATIÈRES	X
LISTE DES TABLEAUX.....	XIV
LISTE DES FIGURES	XVI
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XXI
LISTE DES ANNEXES	XXII
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Mise en contexte.....	1
1.2 Cadre du projet de recherche.....	2
1.3 Problématique et questions de recherche	4
1.4 Objectifs	5
1.5 Méthodologie et structure du mémoire	6
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE	9
2.1 Définition du transport interurbain.....	9
2.1.1 Longue distance.....	9
2.1.2 Rural	10
2.1.3 Régional et interrégional	11
2.1.4 Périurbain et non urbain	12
2.1.5 Transports spécifiques et transport interurbain	13
2.1.6 Résumé et définition retenue	13

2.2	Indicateurs d'offre pour le transport interurbain	15
2.2.1	Indicateurs opérationnels.....	16
2.2.2	Caractéristiques commerciales	27
2.2.3	Qualité du service offert	34
2.2.4	Accessibilité	43
2.2.5	Compétitivité et intégration modale et locale	50
2.3	Le format GTFS	53
2.3.1	Architecture du format GTFS	54
2.3.2	Traitement des données issues de GTFS : outils disponibles en ligne.....	56
2.4	Aperçu du transport interurbain par autocar au Québec	59
2.4.1	Cadre légal du transport interurbain au Québec.....	59
2.4.2	Principaux acteurs du transport interurbain au Québec	62
2.4.3	Actualités et développements récents de l'industrie	63
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE		69
3.1	Format des données et défis liés aux données brutes	69
3.1.1	Horaires	71
3.1.2	Tarifs	73
3.1.3	Arrêts et aménagements aux arrêts.....	76
3.1.4	Kilométrages et temps de parcours	78
3.1.5	Renseignements sur les véhicules	79
3.1.6	Branchement des réseaux locaux	79
3.2	Montage de la base de données de travail	81
3.2.1	Structure des données.....	81
3.2.2	Codification choisie et appliquée	82

3.2.3	Validation des GTFS	82
3.3	Définition des concepts et du vocabulaire utilisés	83
3.4	Conditions d'applicabilité des indicateurs au contexte interurbain	85
CHAPITRE 4 MISE EN APPLICATION DES INDICATEURS POUR L'ANALYSE DU RÉSEAU QUÉBÉCOIS		90
4.1	Description générale du réseau	90
4.1.1	Carte du réseau et indicateurs généraux	90
4.1.2	Caractérisation générale des voyages.....	96
4.1.3	Tarifification	100
4.1.4	Caractérisation détaillée d'une ligne et de ses performances.....	102
4.2	Profils d'offre	107
4.2.1	Profil d'offre par tronçon	108
4.2.2	Profil d'offre aux arrêts	114
4.2.3	Profils horaire et hebdomadaire des voyages	123
4.2.4	Opportunités et connectivité.....	126
4.3	Analyse spatiale de l'accessibilité.....	132
4.3.1	Accessibilité généralisée de la population aux arrêts.....	132
4.3.2	Accessibilité aux terminus et aux gares d'autocar	136
4.4	Conclusion : retour sur les indicateurs produits et leurs représentations	147
CHAPITRE 5 CONCLUSION		149
5.1	Synthèse des travaux	149
5.2	Contributions	150
5.3	Limitations	150
5.4	Perspectives	151
5.4.1	Analyse de compétitivité des modes de transport interurbains au Québec	152

5.4.2	Potentiel d'accessibilité aux arrêts et branchements locaux	154
5.4.3	Autres développements possibles.....	155
BIBLIOGRAPHIE		156
ANNEXES		162

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Indicateurs réseau (réalisé par nos soins)	17
Tableau 2.2 : Indicateurs lignes (réalisé par nos soins).....	19
Tableau 2.3 : Indicateurs arrêts (réalisé par nos soins)	21
Tableau 2.4 : Critères de qualification des arrêts de bus urbain (réalisé par nos soins, adapté de FDOT, 2013)	22
Tableau 2.5 : Indicateurs véhicules (réalisé par nos soins)	24
Tableau 2.6 : Indicateurs coûts et performance d'opération (réalisé par nos soins)	25
Tableau 2.7 : Indicateurs niveau de service (réalisé par nos soins)	28
Tableau 2.8 : Indicateurs tarification (réalisé par nos soins).....	31
Tableau 2.9 : Indicateurs coût généralisé (réalisé par nos soins)	33
Tableau 2.10 : Indicateurs satisfaction des utilisateurs (réalisé par nos soins)	35
Tableau 2.11 : Indicateurs sécurité et sûreté (réalisé par nos soins)	37
Tableau 2.12 : Indicateurs accessibilité universelle (réalisé par nos soins)	39
Tableau 2.13 : Indicateurs qualité environnementale (réalisé par nos soins).....	40
Tableau 2.14 : Indicateurs d'accessibilité sociodémographique (réalisé par nos soins).....	44
Tableau 2.15 : Indicateurs spatiaux (réalisé par nos soins).....	45
Tableau 2.16 : Indicateurs opportunités (réalisé par nos soins)	47
Tableau 2.17 : Indicateurs intégration modale (réalisé par nos soins)	52
Tableau 2.18 : Indicateurs compétitivité avec les autres modes de transport (réalisé par nos soins)	53
Tableau 3.1 : Tableau récapitulatif des données fournies par les transporteurs (réalisé par nos soins)	70
Tableau 3.2 (A, B, C et D) : Informations sur l'arrêt "Gare d'autocars de Montréal" fournies dans les données brutes pour quatre transporteurs (réalisé par nos soins)	77

Tableau 3.3 : Liste des réseaux locaux avec lesquels des transporteurs interurbains collaborent (réalisé par nos soins).....	80
Tableau 3.4 : Liste des agences locales dont les données GTFS sont accessibles directement en ligne (réalisé par nos soins).....	80
Tableau 3.5 : Lexique des concepts et du vocabulaire retenu (réalisé par nos soins).....	83
Tableau 3.6 : Synthèse des indicateurs qualifiant une offre de transport en commun et de leur applicabilité au contexte interurbain (réalisé par nos soins)	86
Tableau 4.1 : Valeurs des indicateurs caractérisant l'ensemble du réseau constitué des six transporteurs partenaires (calculées par nos soins)	93
Tableau 4.2 : Caractéristiques du corridor Montréal - Québec : nombre de lignes, d'itinéraires et de voyages (réalisé par nos soins).....	103
Tableau 4.3 : Nombre de voyages quotidiens pour les neuf tronçons les plus desservis un jour moyen de semaine (réalisé par nos soins)	111
Tableau 4.4 : Répartition hebdomadaire du nombre de voyages quotidiens (réalisé par nos soins)	123
Tableau A.1 : Exemples de codification des agences (extraits du fichier <i>agency.txt</i> créé par nos soins)	162
Tableau A.2 : Exemples de codification des lignes (extraits du fichier <i>routes.txt</i> créé par nos soins)	163
Tableau A.3 : Exemples de codification des périodes d'application de service (extraits du fichier <i>calendar.txt</i> créé par nos soins).....	164
Tableau A.4 : Exemples de codification des voyages (extraits du fichier <i>trips.txt</i> créé par nos soins)	165
Tableau A.5 : Exemples de codification des arrêts (extraits du fichier <i>stops.txt</i> créé par nos soins)	167
Tableau A.6 : Exemples de codification des horaires (extraits du fichier <i>stop_times.txt</i> créé par nos soins)	168

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Schéma de l'organisation générale du projet de recherche (réalisé par nos soins à partir du schéma de Morency, 2015)	4
Figure 1.2 : Schéma de l'organisation de la méthodologie de création d'une connaissance systématique de l'offre (réalisé par nos soins).....	7
Figure 2.1 : Schéma des différents types de transport (réalisé par nos soins).....	14
Figure 2.2 : Illustration du calcul de la longueur du réseau (réalisée par nos soins)	18
Figure 2.3 : Méthode de calcul de l'indicateur de synthèse qualité – coût de l'Institut de la Gestion Déléguée (2008)	42
Figure 2.4 : Représentation du potentiel d'accessibilité généralisé en bus à Besançon (France) en 2007 (Genre-Grandpierre, 2005).....	49
Figure 2.5 : Carte en anamorphose de l'Angleterre et du nord-Ouest de la France (Langlois & Demain, 1996).....	50
Figure 2.6 : Schéma relationnel du format GTFS (réalisé par nos soins)	55
Figure 2.7 : Carte du réseau de transport interurbain par autocar au Québec (source : http://www.orleansexpress.com , téléchargé le 15/05/2015)	63
Figure 2.8 : Carte du réseau Orléans Express (Keolis) avant et après les coupures effectuées en janvier 2015 (Keolis Canada, 2016).....	66
Figure 3.1 : Exemple de format de données horaires (réalisé par nos soins)	71
Figure 3.2 : Aperçu du format de deux types de grilles tarifaires (réalisé par nos soins).....	75
Figure 3.3 : Structure des fichiers GTFS et des champs retenus pour la codification (réalisé par nos soins)	82
Figure 3.4 : Schéma d'illustration des concepts (réalisé par nos soins).....	85
Figure 4.1 : Carte du réseau interurbain québécois tel que défini par les lignes des six transporteurs partenaires du projet (juin 2016, réalisée par nos soins)	91

Figure 4.2 : Nombre de places-kilomètres par semaine pour les différentes lignes du réseau (réalisé par nos soins, inspiré de Blais et Québec Province (1996)).....	95
Figure 4.3 : Distribution de la distance des voyages (km) (réalisé par nos soins)	97
Figure 4.4 : Distribution de la durée des voyages (par intervalles de 15 min) (réalisé par nos soins)	98
Figure 4.5 : Nombre d'arrêts effectués en fonction du kilométrage total du voyage (réalisé par nos soins)	99
Figure 4.6 : Prix en fonction de la distance de la paire d'arrêts origine-destination (réalisé par nos soins)	100
Figure 4.7 : Distribution du prix en \$/km (réalisé par nos soins).....	101
Figure 4.8 : Temps de parcours en fonction de la distance totale de l'itinéraire pour le corridor Montréal – Québec (réalisé par nos soins)	104
Figure 4.9 : Vitesse en fonction de la longueur du tronçon pour les itinéraires du corridor Montréal - Québec (réalisé par nos soins)	105
Figure 4.10 : Tableau et graphique du degré de détour en fonction de l'itinéraire pour le corridor Montréal – Québec (réalisés par nos soins)	106
Figure 4.11 : Méthode de calcul du nombre de voyages par tronçon (réalisée par nos soins).....	108
Figure 4.12 (↑) : Profil de l'offre quotidienne du réseau (nombre de passages aller et retour pour chaque tronçon moyenné pour une semaine de juin 2016) (réalisé par nos soins)	110
Figure 4.13 (→) : Profil de l'offre quotidienne du corridor Montréal – Québec (nombre de passages aller et retour pour chaque tronçon moyenné pour une semaine de juin 2016) (réalisé par nos soins)	110
Figure 4.14 A : Différences observables entre les jours ouvrables et la fin de semaine sur le profil d'offre (exprimé en nombre moyen de passages-tronçon quotidiens pour chacune des périodes) (réalisé par nos soins)	113
Figure 4.15 : Nombre de passages-arrêt quotidiens sur l'ensemble du réseau (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins)	116

Figure 4.16 : Nombre de passages-arrêt quotidiens dans le centre du Québec : Laurentides, cantons de l'Est, Beauce et région de Montréal (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins).....	117
Figure 4.17 : Nombre de passages-arrêt quotidiens dans la région de la capitale provinciale, le Saguenay-Lac-St-Jean et la Beauce (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins).....	117
Figure 4.18 : Nombre de passages-arrêt quotidiens en Abitibi – Témiscamingue (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins).....	118
Figure 4.19 : Nombre de passages-arrêt quotidiens en Gaspésie et dans la Côte Nord (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins).....	118
Figure 4.20 : Distribution du nombre d'arrêts en fonction du nombre moyen de passages quotidiens qu'ils accueillent au cours d'une semaine complète, pendant les jours ouvrables et durant la fin de semaine (réalisé par nos soins).....	120
Figure 4.21 : Différence entre le nombre moyen de passages-arrêt quotidiens pour les jours ouvrables et durant la fin de semaine (réalisé par nos soins).....	121
Figure 4.22 : Répartition des variations de l'offre entre les jours ouvrables et la fin de semaine (réalisé par nos soins).....	122
Figure 4.23 : Profil temporel de l'offre : distribution horaire des départs en fonction du jour de la semaine (réalisé par nos soins).....	124
Figure 4.24 : Profil temporel de l'offre : distribution horaire des arrivées en fonction du jour de la semaine (réalisé par nos soins).....	125
Figure 4.25 : Degré de connectivité du réseau en fonction de l'heure pour différentes limites de temps (2h, 3h, 4h, 6h, 8h et 24h) (réalisé par nos soins).....	127
Figure 4.26 : Nombre total d'opportunités du réseau en fonction de l'heure et du nombre de transferts pour un intervalle limite de 4h (réalisé par nos soins)	128
Figure 4.27 : Répartition spatiale des opportunités par arrêt pendant une journée pour une limite de 4h (réalisé par nos soins).....	130

Figure 4.28 : Carte des aires de diffusion et de leurs centroïdes pour le corridor Montréal - Québec (réalisée par nos soins à partir des données issues de Recensement Canada 2011).....	133
Figure 4.29 : Distribution de la population en fonction de la distance à l'arrêt interurbain le plus proche (réalisé par nos soins à partir des données Recensement Canada 2011).....	134
Figure 4.30 : Distribution cumulée de la population en fonction de la distance à l'arrêt interurbain le plus proche par groupe d'âge (réalisé par nos soins à partir des données Recensement Canada 2011).....	135
Figure 4.31 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en voiture en écoulement libre (réalisée par nos soins)	138
Figure 4.32 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal à pied (réalisée par nos soins).....	138
Figure 4.33 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en voiture en écoulement libre (réalisée par nos soins)	139
Figure 4.34 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec à pied (réalisée par nos soins).....	139
Figure 4.35 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en voiture (échelle large) (réalisée par nos soins).....	141
Figure 4.36 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en voiture (échelle large) (réalisée par nos soins).....	141
Figure 4.37 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en vélo (réalisée par nos soins).....	142
Figure 4.38 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en vélo (réalisée par nos soins).....	142
Figure 4.39 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en transport en commun à 6h00 (réalisée par nos soins)	144
Figure 4.40 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en transport en commun à 8h00 (réalisée par nos soins)	144

Figure 4.41 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en transport en commun à 6h00 (réalisée par nos soins)	144
Figure 4.42 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en transport en commun à 8h00 (réalisée par nos soins)	144

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AD	<i>Aire de Diffusion</i> , unité spatiale utilisée dans le recensement canadien
APAQ	<i>Association des Propriétaires d'Autobus du Québec</i> (cf. FTA)
ATEQ	<i>Association du Transport Écolier du Québec</i> (cf. FTA)
BD	<i>Base de Données</i>
CIT	<i>Conseil Intermunicipal de Transport</i>
CLD	<i>Centre Local de Développement</i>
CTQ	<i>Commission des Transports du Québec</i> , autorité aux multiples missions, qui est notamment en charge de délivrer les permis de transport interurbain
FTA	<i>Fédération des Transporteurs par Autocar</i> (issue de la fusion en 2014 de l'APAQ et de l'ATEQ)
FTP	<i>File Transfert Protocole</i> (Protocole de Transfert de Fichiers), mode sécurisé d'échange de fichiers informatiques
GTFS	<i>General Transit Feed Specification</i> , format de données spécifique des transports collectif développé par Google, utilisé notamment pour son calculateur de chemins en transport en commun intégré à Google Maps (cf. 2.3)
MADITUC	<i>Modèle d'analyse désagrégée des itinéraires de transport urbain collectif</i> , groupe de recherche en transport de l'École Polytechnique de Montréal
MRC	<i>Municipalité Régionale de Comté</i>
MTQ ou	<i>Ministère des Transports du Québec</i> , qui a changé de nom en 2016 pour <i>Ministère</i>
MTMDET	<i>des Transports, de la Mobilité Durable et de l'Électrification des Transports</i>
OD	<i>Origine-Destination</i>

LISTE DES ANNEXES

Annexe A – Conventions adoptées pour la codification des fichiers GTFS	162
Annexe B – Exemple de retour de l’outil FeedValidator	169

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Si de nombreuses études traitent des déplacements en milieu urbain en général, ce n'est pas le cas pour le transport interurbain, sur lequel peu de publications sont disponibles malgré les transformations majeures qu'il a subies ces vingt dernières années partout dans le monde. Pour faire face, par exemple, au développement du covoiturage, à l'augmentation du prix du carburant ou à la baisse d'achalandage faible, mais constante qui touche l'industrie, de nouveaux modèles sont apparus.

Ainsi, aux États-Unis se sont développés, depuis le milieu des années 2000, les services d'autocar express en bordure de trottoir. Ils sont particulièrement étudiés par Schwieterman, Antolin, Levin et Michel (2016) et par Klein (2015), pour ne citer que leurs articles les plus récents. La particularité des services en bordure de trottoir est de ne pas utiliser de bâtiments pour ancrer leurs terminus et leurs points de vente et de compter sur la réservation en ligne et les prix bas pour concurrencer les services classiques de transport interurbain. En Europe, ce sont, par exemple, l'Allemagne et la France qui ont libéralisé récemment leurs systèmes respectifs de transport par autocar en 2012 et 2015. Ces changements sont notamment documentés par Augustin, Gerike, Sanchez et Ayala (2014) et Bahamonde-Birke, Kunert, Link et Ortuzar (2014) pour l'Allemagne et par Macron (2015) et Épaulard et Guillemot (2016) pour la France.

Au Québec, l'étude la plus récente et la plus complète parue sur l'offre et la demande en transport interurbain par autocar est celle de Blais, qui a été publiée en 1996 (Blais & Québec Province, 1996). La demande a également été analysée dans un rapport de 2011 commandé par l'Association des Propriétaires d'Autobus du Québec sur l'évolution de la fréquentation des services de transport interurbains par autocar au Québec (Vecteur 5, 2011). Par ailleurs, malgré les efforts de la Fédération des Transporteurs par Autobus (laquelle a succédé à l'APAQ), il n'existe pas, à ce jour, de base de données permettant la description du réseau dans son ensemble, c'est-à-dire aussi bien de l'offre que de la demande. Cette recherche va s'attacher à résoudre ce problème.

De fait, le projet de recherche global (Morency, 2015) vise à développer une meilleure connaissance et surtout une systématisation de cette connaissance du transport interurbain par autocar. Cela passe par la recension des données déjà disponibles, tant sur l'offre que sur les

déplacements de longue-distance. Après cela, l'objectif est d'identifier les tendances de fréquentation et de mieux connaître la population qui utilise les services d'autocar, afin de pouvoir évaluer l'adéquation de ses besoins avec les services actuellement proposés. Le but est de pouvoir fournir aux acteurs de la planification des transports au Québec les clefs leur permettant une prise de décision éclairée pour inclure le transport interurbain par autocar pleinement dans la stratégie de réduction de la dépendance à l'automobile et dans la transition écologique qui s'amorce.

Il sera donc nécessaire, avant de s'intéresser à la demande, de décrire et d'analyser l'offre de transport et ses performances. C'est ce que nous nous attacherons à faire et à expliquer dans ce mémoire. Le but poursuivi est de développer des outils et des méthodes permettant de réaliser un diagnostic complet de l'offre en elle-même et dans le contexte québécois. Pour cela, il s'agira de développer un jeu d'indicateurs décrivant les services et les performances d'un réseau de transport interurbain qui soit transposables, de le mettre en application et d'en exploiter les résultats, de qualifier l'intégration du réseau interurbain par autocar avec les réseaux urbains et périurbains et, enfin, d'évaluer son degré de compétitivité avec d'autres modes interurbains tels que la voiture, le train et le covoiturage.

Les apports, qu'ils soient au niveau de la méthode comme au niveau des connaissances, bénéficieront non seulement au reste de la recherche, mais surtout aux différents acteurs de l'industrie, depuis les transporteurs jusqu'aux planificateurs. Tous ont intérêt à mieux connaître les points forts et les limites de leurs propres réseaux afin de pouvoir répondre de manière plus adéquate à la demande.

1.2 Cadre du projet de recherche

Ce travail s'inscrit dans un cadre plus large, qui est celui du projet de recherche *Méthodes et outils pour l'analyse de l'offre et de la demande de transport interurbain* (Morency, 2015). Le projet vise à caractériser et à situer respectivement l'offre et la demande de transport interurbain par autocar dans le contexte des déplacements de longue distance au Québec et à mieux identifier ce type de déplacement. La nécessité de ce projet a été démontrée par le travail préliminaire de Guillemette (2015), qui s'est employé à :

- établir une définition du transport interurbain et présenter la situation du transport interurbain au Québec, aux États-Unis et en Europe à partir de la littérature ;

- étudier les méthodes d'enquête existantes sur les déplacements interurbains au Québec, en particulier l'EVRC (Enquête sur les Voyages des Résidents du Canada) ;
- caractériser l'offre et la demande pour un transporteur interurbain par autocar, Orléans Express ;
- poser les bases d'une méthodologie de collecte de données de la demande pour les déplacements de longue distance au Québec, en développant un prototype d'enquête web.

Après cela, le projet a pu être mis en place avec le soutien financier du CRSNG (Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada) et l'implication de la FTA (Fédération des Transporteurs par Autobus) et de six de ses entreprises membres en tant que partenaires :

- Autobus Breton Inc ;
- Galland Laurentides Ltée ;
- Intercar Inc ;
- Autocars Orléans Express Inc ;
- Les Autobus Maheux Ltée ;
- Transdev Québec Inc.

L'objectif général du projet de recherche est de « contribuer au développement de méthodes et d'outils utiles, d'une part, aux opérateurs de services de transport interurbain par autocar et permettant à ce mode de faire partie des constats et stratégies visant à réduire la dépendance à l'automobile ; et d'autre part, aux planificateurs des systèmes de transport régionaux et nationaux afin qu'ils puissent intégrer l'offre et la demande interurbaine dans la prise de décisions stratégiques. » (Morency, 2015). Plus spécifiquement, il vise à :

- « développer une connaissance structurée des interactions entre offre et demande de transport par autocar dans les corridors de déplacements interurbains ;
- développer un ensemble de méthodes et d'outils permettant d'améliorer la connaissance du système de transport offert aux voyageurs par les différents transporteurs (caractérisation de l'offre et de ses performances), des voyageurs (profil sociodémographique, dispersion spatiale, etc.) ainsi que de leurs comportements d'utilisation (lignes de désir, intégration avec les systèmes urbains) ;

- dresser les bases d’une méthodologie de collecte de données permettant de mesurer, dans son ensemble, la demande interurbaine de transport au Québec. » (Morency, 2015)

Le projet général a donc été segmenté en trois parties distinctes, réalisées par des étudiants différents. La Figure 1.1 illustre schématiquement les différentes sections du projet.

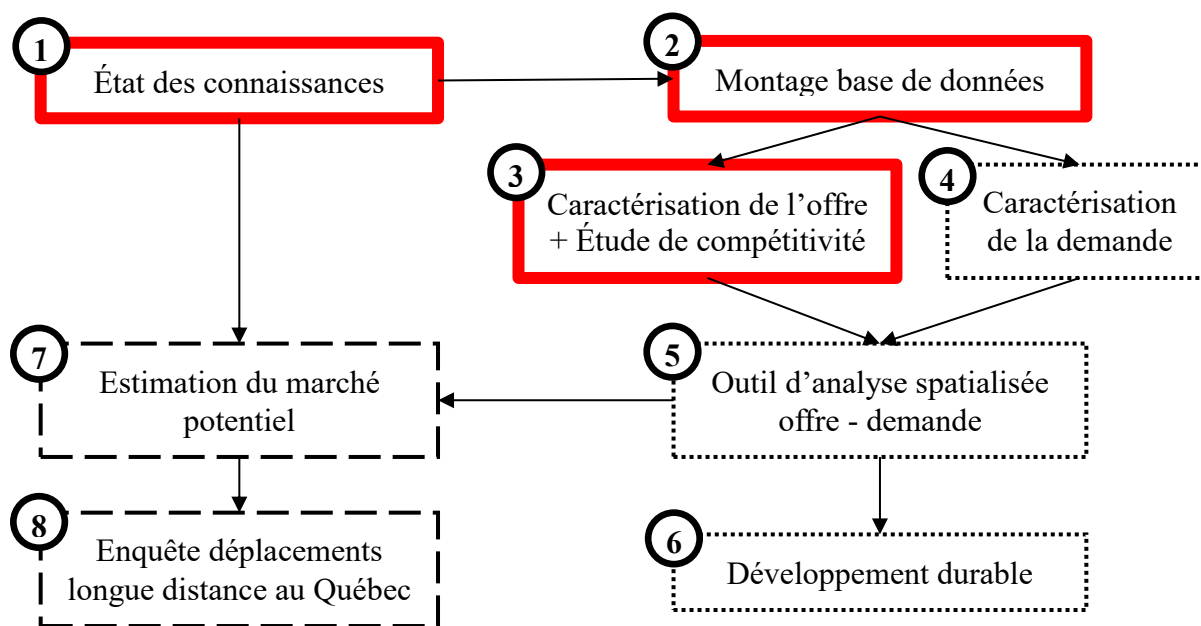


Figure 1.1 : Schéma de l'organisation générale du projet de recherche (réalisé par nos soins à partir du schéma de Morency, 2015)

Le présent travail, représenté par des encadrés rouges, constitue la première partie du projet, à savoir la caractérisation de l'offre. Sa structure sera détaillée dans la sous-partie 1.5 de ce mémoire. Les deux autres parties du projet traiteront l'une (encadrée avec un motif de pointillés courts) de la caractérisation de la demande, de la création d'un outil permettant l'analyse spatialisée de l'offre et de la demande et de la mesure des contributions du réseau interurbain au développement durable ; et l'autre (encadrée avec un motif de pointillés longs) de l'estimation du marché potentiel et du prototypage d'une enquête sur les déplacements de longue distance au Québec.

1.3 Problématique et questions de recherche

La problématique de ce travail est la suivante : comment caractériser l'offre de transport interurbain par autocar au Québec en 2016 ? Les différentes questions qui en découlent et qui ont orienté la recherche sont les suivantes :

- Comment rassembler et uniformiser les informations importantes permettant de dresser l'état des lieux de l'offre de transport interurbain par autocar au Québec ?
- Quels sont les indicateurs pertinents à l'échelle des voyages de longue distance permettant de décrire le réseau ? Comment les exprimer et les appliquer au réseau québécois ?
- Dans quelle mesure l'offre et les infrastructures actuelles du réseau de transport par autocar sont-elles accessibles et s'intègrent-elles aux réseaux locaux (urbains, périurbains et ruraux)? Dans quelle mesure les connexions et l'intermodalité sont-elles possibles et facilitées ?
- Comment décrire et évaluer le plus objectivement possible les performances de cette offre et du réseau ? Comment les comparer à celles des autres modes de transport interurbains, tels que la voiture, le covoiturage ou encore le train ? Quel est le niveau de compétitivité entre l'autocar et les autres alternatives existantes au Québec ?

1.4 Objectifs

Afin de répondre aux problématiques exposées, l'objectif principal de ce travail est de développer une méthodologie permettant de construire une connaissance intégrée de l'offre de transport interurbain par autocar au Québec.

Ce travail est sous-tendu par trois objectifs principaux :

- Développer une méthodologie et l'appliquer aux données dont on dispose pour créer une base de données rassemblant l'offre des six transporteurs interurbains les plus importants au Québec.
- Définir et formaliser des indicateurs décrivant systématiquement l'offre et les mettre à l'épreuve afin de pouvoir quantifier, qualifier et analyser l'offre et ses performances.
- Déterminer le potentiel du transport par autocar et sa place dans le transport interurbain au Québec. Cela consistera notamment à estimer l'accessibilité du réseau interurbain québécois et ses connexions avec les réseaux locaux et à mesurer les performances et la compétitivité de l'autocar par rapport aux autres modes interurbains.

1.5 Méthodologie et structure du mémoire

Ce mémoire est structuré selon les cinq grandes étapes identifiées pour la création de la connaissance systématique de l'offre de service en transport interurbain. Les étapes de la méthodologie employée sont représentées dans la Figure 1.2. Les chiffres indiqués sont les références aux parties ou aux chapitres de ce mémoire dans lesquels l'information sera développée. Le numéro 1 n'est donc pas indiqué, car le Chapitre 1 correspond à l'introduction.

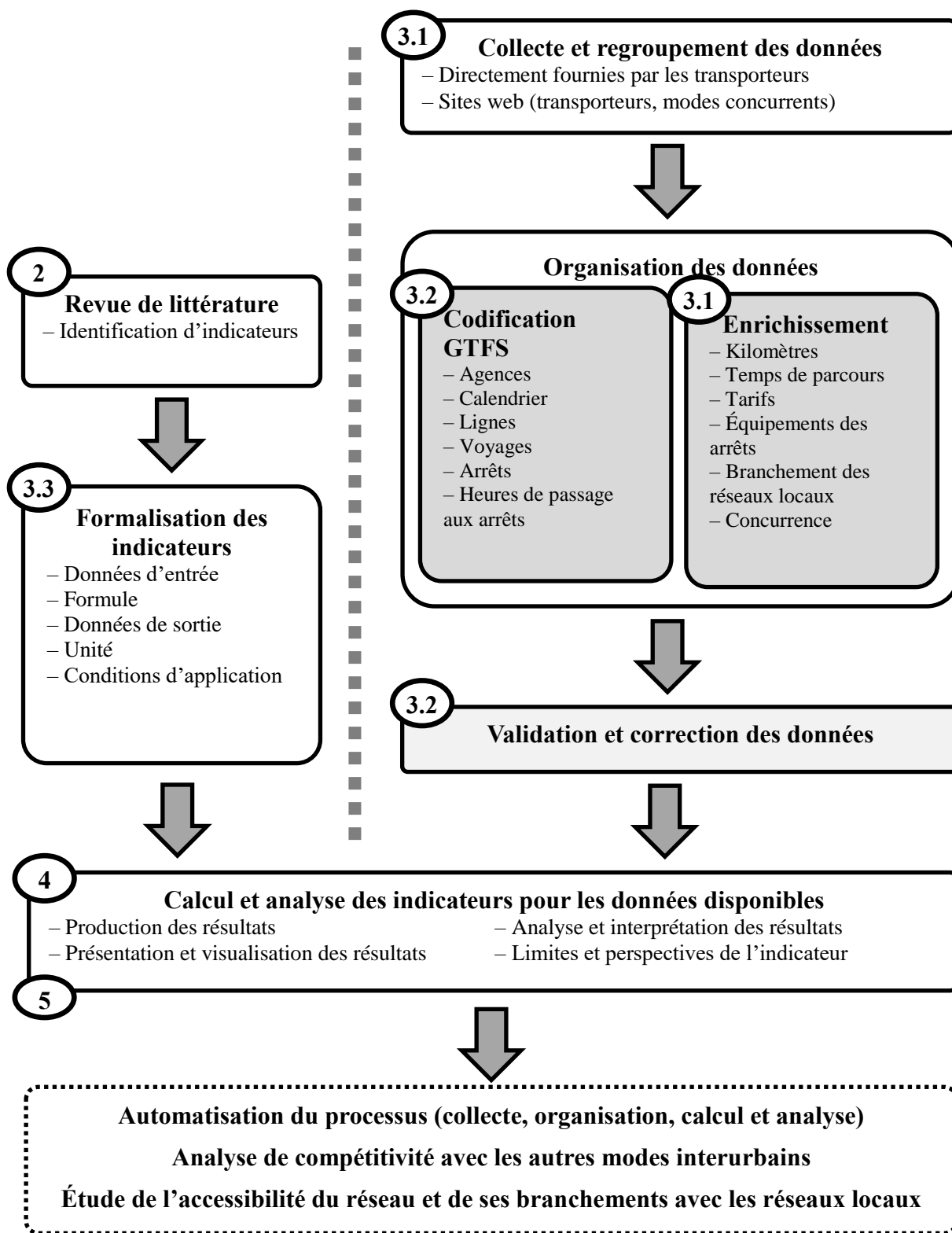


Figure 1.2 : Schéma de l'organisation de la méthodologie de création d'une connaissance systématique de l'offre (réalisé par nos soins)

Le Chapitre 2 recensera la littérature sous quatre aspects : (1) la définition des limites du transport interurbain, (2) la présentation des indicateurs de l'offre de transport en commun, (3) l'introduction du format GTFS et (4) l'état des connaissances sur le transport interurbain par autocar au Québec.

Le Chapitre 3 développera la méthodologie employée pour la création de la connaissance systématique de l'offre. Le chapitre sera lui aussi composé de quatre parties : (1) l'inventaire des données disponibles décrivant le transport interurbain au Québec ainsi que leur enrichissement par des données externes, (2) l'organisation des données selon la norme GTFS et leur validation, (3) la définition du vocabulaire et des concepts utilisés pour la suite et (4) la formalisation d'indicateurs de l'offre permettant d'exploiter et d'analyser les données organisées selon la méthodologie présentée au chapitre précédent.

Le Chapitre 4 illustrera un certain nombre de ces indicateurs par des données chiffrées, des graphiques, des cartes et des analyses statistiques, temporelles et spatiales du réseau et des services.

Enfin, le Chapitre 5 conclura l'étude en résumant les travaux réalisés, en évoquant les contributions et les limites de la recherche et en évaluant les perspectives et les possibles améliorations de l'étude, telle l'automatisation des étapes détaillées ci-avant, la comparaison de la compétitivité pour plusieurs modes de transport interurbain et l'accessibilité du réseau.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Dans ce chapitre, nous caractériserons tout d’abord le transport interurbain de personnes, en le distinguant des autres types de transport. Ensuite, un certain nombre d’indicateurs de l’offre applicables au transport interurbain seront passés en revue. Puis, le format GTFS, ses spécifications et quelques-unes de ses applications seront présentés. Enfin, nous exposerons un aperçu du transport interurbain par autocar en Amérique du Nord.

2.1 Définition du transport interurbain

Cette partie s’attachera à clarifier la typologie employée et le concept que recouvre le mot « interurbain » en ce qui concerne le transport de voyageurs.

En effet, les définitions des termes changent d’un pays à l’autre (van de Velde, 2009). Dans un même pays, les appellations varient entre les différents acteurs de l’industrie, que ce soit les opérateurs, les autorités organisatrices de transport, ou encore le gouvernement. Les catégories de transport sont différentes dans le cadre des enquêtes sur les déplacements de la population, ou lors de l’attribution de subventions ou encore lors de l’application de réglementations et de lois.

De plus, les termes « rural », « régional », « périurbain » et aussi « non urbain » sont utilisés dans un certain nombre d’articles et de documents de référence, mais ils ne sont presque jamais définis de façon détaillée. Leur définition et les distinctions qui doivent être faites entre eux et le transport interurbain seront ci-après précisées.

2.1.1 Longue distance

Cette sous-partie s’appuie particulièrement sur le travail de Guillemette (2015). Après une revue de la littérature sur la question, il a établi que trois critères principaux servaient généralement à définir la notion de longue distance lors d’un déplacement :

- La distance parcourue : le plus souvent, la limite est fixée à 80,5 km (50 milles), ou à 100 km (Guillemette, 2015), mais on trouve également des limites moins restrictives, comme 50 km en Autriche (Axhausen, 2000) et même 24 km (15 milles) en Grande-Bretagne (van de Velde, 2009). La distance est généralement mesurée à vol d’oiseau, il s’agit sinon de

distance calculée sur le réseau, en considérant l'itinéraire le plus court sans tenir compte des conditions de circulation.

- Le temps de parcours : cet indicateur est plus difficile à mesurer en raison de sa relativité, notamment lorsqu'il est question de déplacements en contexte de congestion importante. Guillemette rapporte trois exemples dans lesquels le temps de parcours est pris en compte : « le Microrecensement Suisse [, qui compte] les voyages de plus de trois heures sans nuitée et les voyages avec nuitée », la « loi allemande sur le transport de passagers [, qui considère les déplacements de plus de] 50 km ou dont la durée excède une heure » et l'EVRC (Enquête sur les Voyages des Résidents du Canada, qui a plutôt vocation à étudier les déplacements liés au tourisme), qui utilise également la notion de nuitée passée hors du domicile (Guillemette, 2015).
- L'espace franchi : lorsque le déplacement implique de traverser une frontière administrative, il est considéré comme interurbain. Cette frontière peut être, par exemple, celle d'un comté (« län ») en Suède (van de Velde, 2009), ou la séparation entre deux régions en Italie (Beria, Grimaldi, & Laurino, 2013).

On retiendra l'idée que le transport interurbain est réalisé pour des longues distances, soit supérieures à 100 km à vol d'oiseau. Le terme « déplacements de longue distance » est généralement utilisé dans les enquêtes de mobilité.

2.1.2 Rural

La notion de **transport rural** est liée à des caractéristiques géographiques. La définition donnée dans un rapport du Transport Research Knowledge Centre (Payet, 2010) implique :

- un transport réalisé dans des espaces à faible densité de population et dont le niveau de dépendance à l'automobile est élevé ;
- l'utilisation du réseau routier secondaire ou local, par opposition au transport interurbain, qui utilise le réseau primaire.

La notion de « faible densité de population » est très variable, même pour un même pays. Aux États-Unis, par exemple, le rapport TCRP 94 définit le transport rural comme « les services de transport disponibles pour le public dans les communautés de moins de 50 000 résidents » (Hosen

& Bennett Powell, 2011), alors que le rapport du Florida Department of Transportation (2013) nomme « développements ruraux [les] aires constituées de villes ou d'autres aires peuplées de moins de 5 000 habitants, ou situées le long de routes côtières ». Pour Blais et Québec Province (1996), « le territoire rural commence au-delà des agglomérations de plus de 10 000 habitants, quel que soit le type d'activité des habitants. »

Le rapport TCRP 94 n'est pas si clair sur la distinction entre rural et interurbain. Il précise que « le transport rural inclut les services de bus interurbain, qui constituent des liens critiques à travers les vastes étendues du pays. » (traduction libre de l'auteur) (Hosen & Bennett Powell, 2011). Par ailleurs, à la fin du rapport, le glossaire vient préciser cette définition : « Bus interurbain – services de bus planifiés régulièrement pour le public général, utilisant un '*over-the-road bus*' (c'est-à-dire un autocar et non un autobus, avec des sièges situés au-dessus d'une soute à bagages), qui –

1. opère un nombre d'arrêts limités, sur des lignes fixes, qui relient deux zones urbaines ou plus qui ne sont pas directement proches,
2. a la capacité pour transporter les bagages des passagers,
3. et fait des connexions d'importance avec des services de bus interurbain planifiés, en des lieux plus distants. » (traduction libre de l'auteur) (Hosen & Bennett Powell, 2011)

Les connexions d'importance ('meaningful connections') dont il est question sont des points de correspondance physique et horaire, qui répondent à un certain nombre de critères énoncés par Ye, Kack, Chaudhari et Ewan (2013). Il s'agit de services tels que des terminaux communs, une billetterie intercompagnies, la disponibilité de l'information aux voyageurs (affichage des horaires) et des horaires qui permettent de réduire le temps de correspondance (moins de 90 min).

2.1.3 Régional et interrégional

Le rapport du TRKC (Payet, 2010) définit le **transport régional** en Europe par deux caractéristiques :

- des distances moyennes, comprises entre 20 et 100 km ;
- entre des aires urbaines proches, mais distinctes, ou entre une aire urbaine et une aire rurale (avec une densité de population faible).

Par ailleurs, le **transport interrégional** est défini aux États-Unis par le TRB Committee for a Study of Intercity Passenger Travel Issues and Opportunities in Short-Haul Markets (2016) comme étant un transport :

- avec des distances comprises entre 100 et 500 milles (soit 160 à 800 km) ;
- entre une région métropolitaine et une autre.

On retiendra que le transport interurbain utilise majoritairement le réseau routier primaire et que, s'il traverse effectivement des zones rurales, son but premier n'est pas d'en desservir toutes les municipalités (cette tâche incombe au transport rural), mais plutôt de relier des grands centres urbains.

2.1.4 Périurbain et non urbain

Pour la notion de périurbain également, les définitions sont très variables. On retiendra qu'il ne s'agit pas d'un terme spécifique au transport, mais à l'urbanisme et à la géographie. Par extension, le **transport périurbain** désigne le transport qui dessert l'espace périurbain.

L'espace périurbain désigne l'espace situé entre une aire urbaine et l'espace rural qui l'entoure. Des conditions démographiques peuvent être précisées, le définissant, par exemple, comme « le développement urbain discontinu, contenant des villages de moins de 20 000 habitants, avec une densité moyenne d'au moins 40 personnes par km² » (traduction libre de l'auteur) (Tosics & Nilsson, 2011), ou encore « l'ensemble des communes de l'aire urbaine, à l'exception de son pôle urbain, [...] dont au moins 40 % des actifs résidents vont travailler dans le pôle ou dans les communes attirées par celles-ci » (INSEE, 2016).

Dans la législation française, le transport interurbain n'est pas désigné en tant que tel, mais par une négation, en tant que **transport non-urbain** (Article 29, LOTI) (Gouvernement Français, 2005). Ce terme désigne le transport opéré en dehors d'un périmètre de transport urbain (PTU), lequel « comprend le territoire d'une commune ou le ressort territorial d'un établissement public ayant reçu mission d'organiser les transports publics de personnes » (Article 27, LOTI) (Gouvernement Français, 2005).

De plus, cela implique une composante qui n'avait pas été évoquée dans la notion de longue distance, à savoir la notion d'autorité organisatrice du transport compétente. En effet, « sont

considérés comme des services interurbains [les] services qui ne sont pas intégralement inclus dans le ressort territorial d'une autorité organisatrice de la mobilité¹ [...] » (Article L3111-21, Code des Transports) (Gouvernement Français, 2015).

On retiendra l'idée que le transport interurbain n'est pas réalisé dans une aire urbaine et sa périphérie, ni dans les limites de la juridiction d'une autorité organisatrice de transport.

2.1.5 Transports spécifiques et transport interurbain

Cette sous-partie vise à préciser que le transport interurbain considéré dans ce mémoire est ouvert à tout public et à horaires fixes planifiés régulièrement.

Ainsi, les transports de longue distance destinés à des publics particuliers ne sont pas retenus dans ce mémoire. Ce sont par exemple le transport scolaire, le transport adapté, le transport médicalisé et le transport nolisé, d'excursion et touristique. Bien qu'ils jouent un rôle non négligeable dans la mobilité de longue distance et particulièrement dans l'accessibilité universelle et la desserte locale, ils n'ont pas le même objectif fondamental et ne sont pas soumis à la même réglementation que le transport interurbain en tant que tel.

Par ailleurs, le transport à la demande, le transport collectif par taxi ainsi que le transport occasionnel ne seront pas non plus pris en compte, car ils sont effectués de façon ponctuelle, avec la plupart du temps des horaires et des itinéraires variables et des capacités inférieures aux autocars traditionnels.

2.1.6 Résumé et définition retenue

En résumé, les points essentiels de la définition du transport interurbain de voyageurs qui sera utilisée pour la suite de ce rapport sont les suivants :

- Longue distance : **plus de 100 km** à vol d'oiseau ;
- Utilisant principalement le **réseau routier primaire** ;

¹ « Dans leur ressort territorial, les communes, leurs groupements, la métropole de Lyon et les syndicats mixtes de transport sont les autorités compétentes pour organiser la mobilité. » (extrait de l'Article L1231-1, Code des Transports)

- **En dehors des zones urbaines** et des zones contrôlées par une autorité organisatrice de transport ;
- Itinéraires fixes **planifiés régulièrement** ;
- Ouverts à **tout public**.

Les différentes typologies de transport définies dans cette partie sont représentées sur la Figure 2.1. Les deux critères principaux retenus pour les différencier sont la distance du déplacement et la densité de la population et du bâti. Les distances retenues sont indicatives et mesurées à vol d'oiseau. La densité n'est pas quantifiée, car la revue de littérature n'a pas permis d'établir une valeur faisant l'unanimité et parce que les différentes valeurs proposées sont très variables. Les points d'interrogation symbolisent les zones dans lesquelles les définitions proposées atteignent leurs limites et pour lesquelles une analyse au cas par cas s'impose.

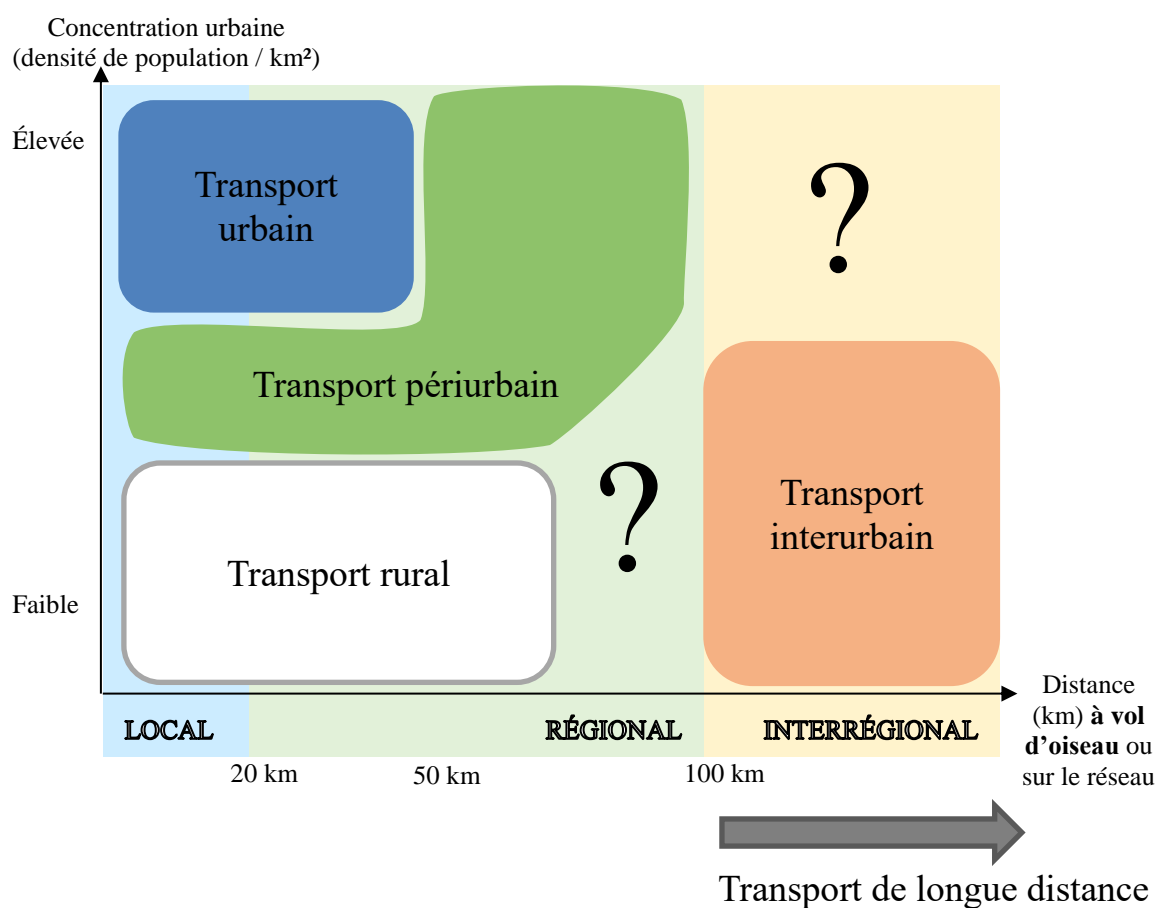


Figure 2.1 : Schéma des différents types de transport (réalisé par nos soins)

Ayant ainsi défini les limites de la définition du transport interurbain, nous allons à présent déterminer des indicateurs permettant d'en caractériser l'offre et les performances dans le cas du transport par autocar.

2.2 Indicateurs d'offre pour le transport interurbain

Cette partie vise à présenter les indicateurs qui sont utilisés dans la littérature pour caractériser les systèmes de transport et leurs performances. Les indicateurs de l'offre de transport sont « les mesures qui décrivent et qualifient

1. soit la quantité de service de transport qu'une certaine alternative va offrir ;
2. soit les ressources non monétaires nécessaires au maintien d'un niveau de service donné, telles que les véhicules ou les employés. » (Skinner, 1981, traduction libre de l'auteur)

Par ailleurs, Genre-Grandpierre (2005) précise à ce sujet que « si l'on exclut les considérations liées au confort et à l'accueil, la qualité de l'offre en transport en commun dépend tout à la fois de la desserte spatiale assurée par le réseau (disposition des lignes et des stations) et de critères plus commerciaux tels que la fréquence des bus, leur vitesse et la qualité des correspondances. ».

Pour organiser les indicateurs, plusieurs approches sont possibles. Ainsi, dans son mémoire caractérisant les corridors de transport en commun, Rafiee (2009) utilise l'approche orientée-objet, en distinguant les objets suivants : véhicules, arrêts, arrêts de correspondance, terminus, garage, voyage, liens, ligne d'autobus, réseau d'autobus. Fortin (2016) décrit, entre autres, l'approche de la théorie des graphes et les différents indicateurs qui en découlent.

Cependant, une partie de ces indicateurs, utilisés habituellement pour le transport urbain, ont dû être révisés pour convenir à la structure du service interurbain (moins d'alternatives, des départs moins fréquents, des distances et des temps de parcours plus élevés). Leurs définitions et la formalisation des formules présentées dans les tableaux d'indicateurs qui suivent ont donc été largement adaptées et ne sont pas exprimées en l'état dans les documents de référence.

Les indicateurs, qui peuvent être aussi bien quantitatifs que qualitatifs, ont ainsi été rassemblés en cinq grandes classes :

1. Les indicateurs opérationnels ;
2. Les indicateurs commerciaux et tarifaires ;

3. Les indicateurs traduisant la qualité du service offert ;
4. Les indicateurs d'accessibilité ;
5. Les indicateurs de compétitivité et d'intégration du transport interurbain par rapport aux autres transports.

2.2.1 Indicateurs opérationnels

Les indicateurs opérationnels sont évalués à quatre niveaux différents : à l'échelle du réseau, des lignes, des arrêts et enfin des véhicules. Pour chaque niveau, deux types d'indicateurs seront présentés : les indicateurs descriptifs et les indicateurs qualifiant la performance. Le point de vue exposé ici est plutôt celui de l'opérateur de transport. Cette sous-partie s'achèvera avec des indicateurs de coût et de performance d'opération.

2.2.1.1 Réseau

Le réseau correspond à l'ensemble du système de transport. Une première caractérisation quantitative pourrait simplement être une énumération du nombre d'objets qui le constituent : transporteurs, lignes, arrêts, véhicules.

L'indicateur le plus souvent utilisé pour décrire un réseau est la longueur totale de ses lignes et donc de sa desserte. Lui sont également associés le nombre de véhicules-kilomètres commerciaux et de véhicules-heures commerciaux, qui donnent une idée de la taille du réseau. La performance d'un réseau peut, quant à elle, être caractérisée par sa productivité. Si l'achalandage est connu, il constitue un autre indicateur de performance et d'utilisation du système.

Tableau 2.1 : Indicateurs réseau (réalisé par nos soins)

Nom de l'indicateur (unité)	Équation ou définition	Références
<i>Description</i>		
Longueur du réseau (km) Longueur totale des lignes (km)	<i>Voir schéma Figure 2.2</i>	Adapté de (Schwieterman et al., 2016); (Rafiee, 2009); (Vuchic, 2005)
Nombre de véhicules-kilomètres commerciaux (véh-km commerciaux)		Adapté de (Schwieterman et al., 2016)
Nombre de véhicules-heures commerciaux (véh-h commerciaux)		Adapté de (Skinner, 1981)
<i>Performance</i>		
Productivité : nombre de véhicules-kilomètres par heure (ou nombre moyen de kilomètres par véhicule-heure)	$P_L = \frac{u * s}{t^2}$ avec u les objets (véh), s la distance (km) et t le temps (h)	(Vuchic, 2005) ; (Vignola, 2012)
Achalandage annuel (en millions de personnes), par véhicule et par arrêt		Adapté de (Land Transport Authority Academy (Singapore), 2011)
Nombre moyen de passagers-km par véhicule-km		Adapté de (Land Transport Authority Academy (Singapore), 2011)
Nombre moyen de kilomètres par passager Nombre de passagers par véhicule-heure		Adapté de (Vignola, 2012), utilisé pour décrire les performances du transport adapté

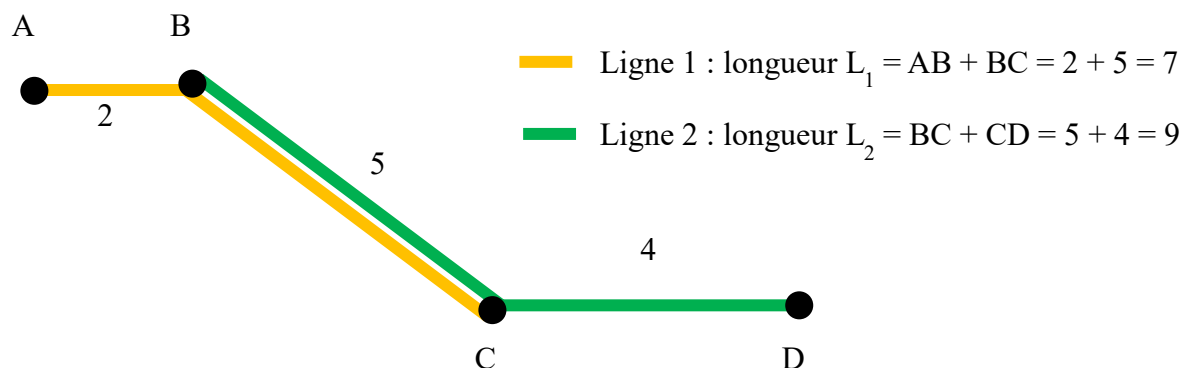


Figure 2.2 : Illustration du calcul de la longueur du réseau (réalisée par nos soins)

La longueur du réseau correspond à la somme de chacun des segments qui le composent, soit :

$$L_{\text{réseau}} = AB + BC + CD = 2 + 5 + 4 = 11$$

La longueur totale des lignes correspond à la somme des longueurs totales de chacune des lignes,

$$\text{soit : } L_{\text{totale lignes}} = L_1 + L_2 = (2 + 5) + (5 + 4) = 7 + 9 = 16$$

2.2.1.2 Lignes

Les lignes sont définies par un terminus d'origine et un terminus de destination. Les arrêts intermédiaires situés entre les terminus délimitent des segments appelés tronçons. Les différents chemins qu'elles peuvent emprunter en reliant ces deux terminus sont les itinéraires. Les itinéraires se distinguent par un tracé différent, un type de service différent (express / local) ou une validité différente (semaine / fin de semaine ou autre).

Une ligne est caractérisée par sa longueur, son temps de parcours, son nombre d'itinéraires et sa vitesse commerciale. L'intervalle est souvent utilisé en transport urbain, mais il n'est pas pertinent en transport interurbain, car les départs sont moins fréquents.

En ce qui concerne la performance, la vitesse est souvent utilisée dans le cas du transport urbain, que ce soit la vitesse commerciale ou bien d'autres types de vitesse : vitesse de marche, vitesse arrêt à arrêt, vitesse du cycle et vitesse de tournée (Rafiee, 2009). Campos Cacheda, Alsina et Estrada Romeu (2011) proposent de calculer un indicateur de qualité de parcours (RQI), correspondant à une moyenne pondérée de la vitesse commerciale des lignes desservant les arrêts d'une zone considérée.

Dans son article, Genre-Grandpierre (2005) explique cependant que la vitesse n'est pas forcément le meilleur critère pour mesurer les performances d'une ligne, car elle « peut en effet être élevée sans pour autant que le trajet soit efficace, par exemple dans le cas d'un trajet comptant de nombreux détours [pour d'évidentes raisons de design et connexions des lignes], mais sur lequel la vitesse de circulation est élevée », ou lorsque le conducteur doit faire une pause lors d'un voyage long. Il conseille de considérer plutôt des ratios tels que le degré de détour du voyage et l'efficacité du voyage.

Tableau 2.2 : Indicateurs lignes (réalisé par nos soins)

<i>Description</i>		
Longueur de la ligne (en opération) (km)	L_o distance entre le départ d'un terminus jusqu'à l'arrivée à l'autre terminus de la ligne	Adapté de (Skinner, 1981); (Blais & Québec Province, 1996)
Temps de parcours (en opération) (h, min)	T_o intervalle de temps entre le départ d'un bus d'un terminus jusqu'à son arrivée à l'autre terminus de la ligne	Adapté de (Rafiee, 2009) ; (Skinner, 1981)
Nombre d'itinéraires différents pour une même ligne (et type de service de ces itinéraires : express ou local)		Adapté de (Blais & Québec Province, 2000)
<i>Performance</i>		
Vitesse commerciale de la ligne (km/h)	$(1) V_{com} = \frac{L_o}{T_o}$ avec L_o la longueur de la ligne (km) et T_o le temps de parcours de la ligne (h)	Adapté de (Rafiee, 2009)
Degré de détour du voyage (sans unité), aussi appelé tortuosité ou directitude	$DD = \frac{P}{L_o}$ avec P la portée, soit la distance à vol d'oiseau (km) et L_o la distance sur le réseau entre l'origine et la destination de la ligne (km)	Adapté de (Genre-Grandpierre, 2005) ; (Fortin, 2016) ; (Héran, 2009)

Tableau 2.2 : Indicateurs lignes (réalisé par nos soins) [suite]

<p>Efficacité du voyage (%) – en considérant que la vitesse efficace est fixée à 60 km/h, soit une efficacité de 1</p>	$E = \frac{P}{T_o}$ <p>avec P la portée, soit la distance à vol d'oiseau entre l'origine et la destination de la ligne (km) et T_o le temps de parcours de la ligne (h)</p>	<p>Adapté de (Genre-Grandpierre, 2005)</p>
<p>Pourcentage de kilomètres perdus</p> <p><i>NB : les kilomètres perdus, aussi appelés haut-le-le pied, sont les kilomètres réalisés pour relier le départ ou l'arrivée d'une ligne au départ ou à l'arrivée d'une autre ligne ou à un garage. Ils ne font pas partie du service commercial.</i></p>	$K = \frac{D_{HLP}}{D_{totale}}$ <p>avec $D_{totale} = D_{HLP} + D_{com}$ la distance totale parcourue par l'ensemble des véhicules de la flotte, composée des kilomètres perdus (D_{HLP}) et des kilomètres commerciaux (D_{com})</p>	<p>Adapté de (Galvis, 2014)</p>

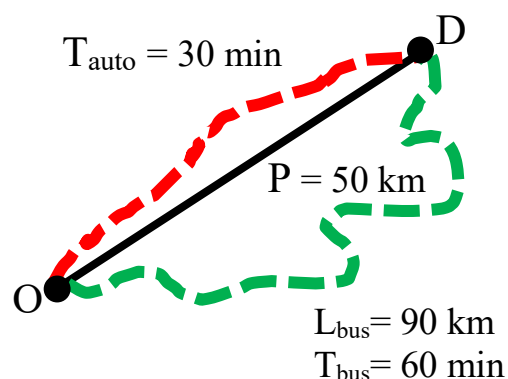
Prenons un exemple pour illustrer ces indicateurs de performance (degré de détour, efficacité et ratio de durée) :

Application numérique : (figure réalisée par nos soins)

$$DD = \frac{P}{L_{bus}} = \frac{50}{90} = 0.56$$

$$E = \frac{P}{T_{bus}} = \frac{50}{60} = 83 \%$$

$$R = \frac{T_{bus}}{T_{auto}} = \frac{60}{30} = 2$$



Interprétation :

- Le **degré de détour**, s'il s'approche de 1, signifie que l'itinéraire a un tracé quasi-linéaire. La valeur obtenue, 0,56 signifie que l'itinéraire suivi n'est pas vraiment rectiligne et ne suit pas le chemin le plus court.
- L'**efficacité** est ici de 83 %, ce qui est plutôt élevé bien que le tracé fasse de nombreux détours. Cela s'explique par le fait qu'une efficacité de 100 % est atteinte pour un voyage à vol d'oiseau (degré de détour = 1) effectué à 60 km/h. La vitesse moyenne est ici de 90

km/h, ce qui compense. On constate que l'efficacité est plus adaptée pour le transport urbain, pour lequel les vitesses moyennes sont comprises en général entre 20 et 45 km/h, que pour le transport interurbain, pour lesquelles les vitesses moyennes dépassent facilement les 60 km/h.

- Le **ratio de durée de voyage car / voiture** est ici plutôt mauvais, car il faut 2 fois plus de temps pour relier la destination depuis l'origine en transport en commun qu'en voiture.

2.2.1.3 Arrêts

La catégorie « arrêts » rassemble plusieurs réalités : arrêts simples, lieux de correspondances, terminus et points de vente. Certaines catégories se recoupent, mais ce n'est pas toujours le cas.

Plus que les arrêts en tant que tels, il est intéressant de considérer leur répartition et leur intégration dans un réseau ou une ligne. Elles sont décrites par des indicateurs tels que le nombre d'arrêts desservis, le ratio de ce nombre rapporté à la longueur d'une ligne, la distance moyenne entre deux arrêts, ou encore la desserte, exprimée en nombre de passages-arrêt.

Tableau 2.3 : Indicateurs arrêts (réalisé par nos soins)

<i>Description</i>		
Nombre d'arrêts desservis (pour l'ensemble du réseau ou détail par ligne)	$N_{arrêts(ligne)}$ $N_{arrêts(réseau)}$	Adapté de (Ma, 2015))
Ratio du nombre d'arrêts sur la longueur d'une ligne (arrêts/km)	$RNA = \frac{N_{arrêts(ligne)}}{L_o}$ <p>avec $N_{arrêts(ligne)}$ le nombre d'arrêts desservis pour la ligne de longueur totale L_o (km)</p>	Adapté de (Frappier, 2015)
Distance moyenne entre deux arrêts (km)	$D_{ia moy} = \sum_{ia} \frac{D_{ia}}{ia}$ <p>avec D_{ia} la distance entre l'origine et la destination d'un tronçon (km), et ia le nombre de tronçons de la ligne considérée</p>	Adapté de (Skinner, 1981); (Ma, 2015)

Tableau 2.3 : Indicateurs arrêts (réalisé par nos soins) [suite]

Degré de flexibilité des arrêts : localisation (bande d'arrêt) et horaires (sur demande)		Adapté de (Halden, Farrington, & Copus, 2002)
Nombre de passages-arrêt pour un intervalle de temps fixé	$Passages_{ij}(arrêt\ n)$ $= \sum_i^j Passages\ (arrêt\ n)$ <p>avec i la limite inférieure de l'intervalle de temps (ex. 8h00), j la limite supérieure de l'intervalle de temps (ex. 8h30), n l'arrêt considéré et $\sum_i^j Passages\ (arrêt\ n)$ le nombre de passages à l'arrêt n durant l'intervalle de temps.</p>	Adapté de (Godin, 2012)

Pour ce qui est des indicateurs de performance d'un arrêt, il en existe peu en dehors du nombre de passages effectués quotidiennement ou hebdomadairement à l'arrêt. D'autres indicateurs qualitatifs témoignent de la qualité du service offert en un point précis du réseau, de son aménagement et des aménités et équipements dont il dispose. Un point de réseau désigne ici un arrêt, un point de vente, un terminus ou un lieu de correspondance.

Le guide développé par le Florida Department of Transportation (2013) propose des critères stricts pour qualifier les arrêts d'autobus (en milieu urbain). Les quatre catégories dépendent de la présence à l'arrêt d'un abri et d'un banc et sont les suivantes :

Tableau 2.4 : Critères de qualification des arrêts de bus urbain (réalisé par nos soins, adapté de FDOT, 2013)

1 : Excellent	2 : Bon	3 : Correct	4 : Faible
Abri + Banc	Abri seul	Banc seul	Ni l'un, ni l'autre

En milieu interurbain, ces critères ne sont pas suffisants pour décrire la réalité d'un arrêt. De fait, leur localisation n'est pas toujours située en bordure de trottoir. Certains arrêts sont situés sur le stationnement de commerces (dépanneurs ou stations-service), dans des gares d'autocar ou dans des terminus multimodaux. Il existe également des bandes d'arrêt, qui sont des zones déterminées,

mais non ponctuelles dans lesquelles un arrêt est possible sur demande et qui ne disposent en conséquence ni de banc, ni d'abri.

En conséquence, outre leur localisation, les équipements disponibles aux arrêts et surtout aux terminus de transport interurbain peuvent être plus complets qu'un simple abri et un banc. Par exemple il peut y avoir des toilettes, un espace dédié à l'accueil des voyageurs, un point de vente de titres, une machine distributrice ou une cafétéria, un rayon sandwich ou tout autre lieu de restauration. L'accès aux arrêts est essentiel lui aussi, que ce soit au niveau de la disponibilité des stationnements (tant pour les voitures que pour les vélos) ou à celui de la compréhension de l'infrastructure et de la facilité à se repérer (Chapman, Iseki, Taylor, & Miller, 2006).

2.2.1.4 Véhicules

Le parc de véhicules est un indicateur des moyens techniques dont dispose un transporteur. Il est décrit par le nombre de véhicules composant la flotte, l'âge moyen du parc, le type de véhicules, la capacité des véhicules, que l'on pourra exprimer par exemple en nombre de places-km

Pour ce qui est de leur performance, le type de carburant et la consommation moyenne du véhicule permettront l'analyse de l'impact environnemental du service et un indice de productivité est présenté. Les critères de qualité de service dans le véhicule et notamment de confort et d'équipement seront eux détaillés dans la sous-partie 2.2.3.4.

Tableau 2.5 : Indicateurs véhicules (réalisé par nos soins)

<i>Description</i>		
Nombre de véhicules dans la flotte par type de véhicule Nombre de véhicules pour 1 000 personnes		Adapté de (Blais & Québec Province, 2000) (Galvis, 2014)
Âge moyen du parc (années)	$\hat{Age\ moyen\ parc} = \frac{\sum_i \frac{(2016 - a_{veh\ i})}{I^2}}{P}$ <p>avec $a_{veh\ i}$ l'année de 1ère mise en circulation du véhicule i (date) et P le nombre total de véhicules du parc</p>	Adapté de (Institut de la Gestion Déléguée, 2008)
Capacité véhiculaire hebdomadaire (millions de places-km/semaine) Moyenne totale journalière de places-km	$C_v = \sum_i C_{veh\ i} * L_o(veh\ i)$ <p>avec $C_{veh\ i}$ la capacité d'un véhicule (places) et $L_o(veh\ i)$ la distance commerciale parcourue par ce véhicule (km) hebdomadairement</p>	Adapté de (Schwieterman et al., 2016); (Fraquelli, 2004) (Galvis, 2014)
Capacité moyenne des autobus et pourcentage de la capacité assise		Adapté de (Galvis, 2014)
<i>Performances</i>		
Consommation moyenne d'un véhicule (en fonction du type de carburant, du poids du véhicule et de l'indice de consommation du véhicule) (L/100 km)		Adapté de (Galvis, 2014)
Pourcentage de véhicules utilisés en heure de pointe seulement		Adapté de (Galvis, 2014)

Dans son mémoire, Galvis (2014) établit des indicateurs pour contrôler et mesurer la performance de la maintenance des véhicules : nombre d'interventions mensuelles, durée de maintenance préventive et corrective, réactivité, coût et incidence de la maintenance sur le budget, entre autres.

2.2.1.5 Coûts et performance d'opération

Contrairement aux sections précédentes, celle-ci ne traite pas d'un objet, mais d'une caractéristique globale du réseau : le coût de fonctionnement du système. Le tableau ci-dessous rassemble un certain nombre d'indicateurs décrivant et évaluant les performances d'un réseau.

Tableau 2.6 : Indicateurs coûts et performance d'opération (réalisé par nos soins)

<i>Description</i>		
Coût d'opération (\$/pass-km ou \$/véh-h ou \$/véh-km ou \$/embarquement)	<p><i>Coûts fixes</i>, engagés pour les capitaux et les dépenses d'investissement : infrastructure, flotte, taxes et impôts</p> <p><i>Coûts variables</i>, engagés pour l'opération et les dépenses de fonctionnement : rémunération du personnel, maintenance, carburant, kilométrage, assurances</p>	Adapté de (HDR HLB Decision Economics, 2008) ; (Freitas, 2013) ; (Vasudevan & Mulukutla, 2009) ; (Land Transport Authority Academy (Singapore), 2011) ; (OMNIL, 2011)
Revenus (\$)	<p><i>Revenus directs</i> : prix des tickets de transport des passagers (recettes tarifaires) et des colis</p> <p><i>Revenus indirects</i> : publicité, interfinancement</p>	Adapté de (Vasudevan & Mulukutla, 2009); (OMNIL, 2011)
<i>Performances</i>		
<p>Ratio de viabilité financière (<i>farebox ratio</i>) ou taux de couverture des dépenses d'exploitation par les recettes commerciales (%)</p> <p><i>Interprétation : si le ratio est inférieur à 1, cela signifie que l'opérateur doit bénéficier d'une subvention ou d'une autre source de revenus ou de financement pour pouvoir assurer son équilibre financier.</i></p>	$FR = \frac{\text{Coûts d'opération}}{\text{Revenus}}$ <p>avec <i>Coûts d'opération</i> les dépenses totales d'exploitation, soit les charges nécessaires au strict fonctionnement du réseau hors des investissements (\$), et <i>Revenus</i> les recettes commerciales totales procurées par la clientèle du réseau et l'entreprise elle-même(\$)</p>	Adapté de (Land Transport Authority Academy (Singapore), 2011) ; Institut de la Gestion Déléguée (2008)

Tableau 2.6 : Indicateurs coûts et performance d'opération (réalisé par nos soins) [suite]

Dépense d'investissement annuelle par habitant (\$/habitant)	$D_{inv} = \frac{\left(\frac{D_{n-2} + D_{n-1} + D_n}{3}\right)}{Hab}$ <p>avec n l'année en cours, D l'ensemble des dépenses réelles d'investissement liées à l'entretien et au renouvellement des infrastructures et du parc de véhicules (\$), et Hab la population (habitants)</p>	Adapté de Institut de la Gestion Déléguée (2008)
Budget transport par déplacement (\$/déplacement)	$B = \frac{\left(\frac{B_{n-2} + B_{n-1} + B_n}{3}\right)}{Dépl}$ <p>avec n l'année en cours, B l'ensemble des dépenses réelles d'exploitation et d'investissement de l'autorité organisatrice liées à l'activité du réseau de transport public (\$), et $Dépl$ le nombre de déplacements totaux réalisés sur l'ensemble des services pendant l'année (déplacements)</p>	Adapté de Institut de la Gestion Déléguée (2008)
Dépense d'exploitation par déplacement (\$/déplacement)	$D_{exp} = \frac{D}{Dépl}$ <p>avec D l'ensemble des charges consacrées par l'exploitant nécessaires au strict fonctionnement du réseau hors investissements (\$) et $Dépl$ le nombre de déplacements totaux réalisés sur l'ensemble des services pendant l'année (déplacements)</p>	Adapté de Institut de la Gestion Déléguée (2008)

Le personnel n'a pas été évoqué de façon spécifique parmi les indicateurs proposés, mais son effectif et sa productivité jouent un rôle important dans les coûts du transport. Galvis (2014) liste un certain nombre d'indicateurs de productivité du personnel dans son mémoire, qui sont rapportés au véhicule (nombre d'agents du personnel, chauffeurs, receveurs, autre personnel de route, personnel d'entretien et personnel de gestion et d'administration par véhicule enregistré) ou à la

journée (kilomètres par employé ou conducteur et par jour) ou encore à l'employé (journées travaillées par année par employé).

Après avoir ainsi parcouru l'ensemble des indicateurs caractérisant l'offre, ses performances et son coût du point de vue des opérateurs du transport, nous allons à présent adopter le point de vue de l'utilisateur pour quantifier puis qualifier l'offre.

2.2.2 Caractéristiques commerciales

Les indicateurs commerciaux rassemblent les notions de coût et de performance du service, abordées cette fois-ci d'un point de vue de l'utilisateur (niveau de service et qualité de service). Cette sous-partie couvrira donc les différents aspects de la définition de Järvi et Nagel (2013), selon laquelle le niveau de service (au sens large) « représente la qualité et le coût de ce qui est fourni aux clients, incluant les concepts classiques comme les relations avec les clients, le confort, le coût, la flexibilité, la fréquence de service, l'information fournie, les dégâts et les pertes de marchandises, la fiabilité du service, les questions de sûreté et de sécurité, l'intégration des services, l'intégration des tarifs, aussi bien que l'utilisation du temps et l'efficacité en opération » (traduction libre de l'auteur).

2.2.2.1 Niveau de service

Le niveau de service, au sens plus restreint, désigne ici l'aspect quantitatif des services offerts. Il est caractérisé par le nombre de départs réguliers et de doublages prévisibles, la fréquence des départs et la variabilité saisonnière ou hebdomadaire de l'offre. Cette dernière permet d'identifier les périodes de fort achalandage saisonnier, ainsi que les adaptations du service en fonction des vacances scolaires, des jours fériés et des fins de semaine. À partir de toutes ces données, il sera possible de dresser un profil d'offre journalier et mensuel. De plus, Campos Cacheda et al. (2011) proposent de calculer un indicateur d'accessibilité du service (SAI) pour une zone déterminée.

Pour ce qui est de la performance, Xiao, Yu et Wang (2013) proposent de calculer un nombre de véhicules-heures de retard, ainsi qu'un retard moyen annuel par véhicule-kilomètre réalisé. Il serait intéressant de considérer également la sensibilité de l'offre à l'heure, en se demandant, par exemple, si les voyages subissent des retards occasionnés par la congestion et combien de temps prennent les embarquements et débarquements en moyenne.

Tableau 2.7 : Indicateurs niveau de service (réalisé par nos soins)

Description		
Amplitude horaire : « nombre d'heures pendant lesquelles des services de transport sont offerts durant une journée, pour un arrêt spécifique ou entre deux arrêts. »	<ul style="list-style-type: none"> • si intervalles < 60 min, $AH = \text{arrondi}(H_{\text{arrivée}}(t_n) - H_{\text{départ}}(t_1) + 1)$ avec H l'heure, t_n le dernier voyage et t_1 le premier voyage • si intervalles > 60 min, $AH = D$ avec D le nombre de départs quotidiens 	Adapté de (TCQSM III et al., 2013)
<p>Fréquence des services : « nombre de départs effectués à partir d'un arrêt pendant une période de temps donnée »</p> <ul style="list-style-type: none"> – hebdomadaire (nombre de jours de service par semaine) – quotidienne (nombre de départs ou de passages-arrêt par jour) 	<p>$f = \frac{1}{I} = \frac{u}{t}$ avec t le temps (heures, jours) et u les objets (véhicules)</p> <p><i>NB : En transport urbain, on considère plutôt la fréquence horaire des services.</i></p>	Adapté de ; (TCQSM III et al., 2013) ; (Blais & Québec Province, 1996) ; (Vuchic, 2005) ; (Rafiee, 2009)
Indicateur d'accessibilité du service (SAI) pour une zone déterminée	$SAI(\text{zone}) = \frac{\sum N_s(a)/AH}{N_s}$ <p>avec $N_s(a)$ le nombre de services desservant un arrêt, AH l'amplitude horaire et N_s le nombre d'arrêts situés dans la zone</p>	Adapté de (Campos Cachada et al., 2011)

Tableau 2.7 : Indicateurs niveau de service (réalisé par nos soins) [suite]

Nombre de mouvements hebdomadaires (départs et arrivées)		Adapté de (Schwieterman et al., 2016) ;
Nombre de doublages prévisibles		(Skinner, 1981)
Variabilité saisonnière de l'offre	Part des services aller/retour fonctionnant pendant les petites vacances scolaires Taux de services fonctionnant le samedi, le dimanche Nombre de jours fériés bénéficiant de services différents	Adapté de (Institut de la Gestion Déléguée, 2008)
<i>Performances</i>		
Nombre de véhicules-heures de retard		Adapté de (Xiao et al., 2013)
Retard moyen annuel par véhicule-kilomètre réalisé		
Durée moyenne d'embarquement-débarquement aux arrêts (min)		Adapté de (Skinner, 1981)

2.2.2.2 Tarification

La tarification recouvre ici les notions d'offre tarifaire et d'intégration tarifaire.

L'offre tarifaire est caractérisée par le coût d'un aller, d'un aller-retour ou d'un forfait mensuel pour chaque catégorie de voyageur : adulte, étudiant, retraité et enfant. Afin d'être comparable, le tarif sera ramené à un coût kilométrique ou à un coût horaire. Les tarifs spéciaux ne seront pas pris en compte, bien qu'ils contribuent à la diversité de l'offre tarifaire. Cette catégorie désigne aussi bien les offres promotionnelles, les réductions temporaires qui peuvent influencer l'achalandage en périodes creuses et les programmes de fidélité, que les partenariats ou billets d'entreprise qui contribuent à faciliter l'accès à l'emploi. Il est cependant difficile de trouver dans la littérature des

indicateurs chiffrés décrivant l'offre tarifaire ou sa diversité en tant que telle. Chapman et al. (2006) dressent une liste des facteurs influençant le comportement de déplacement des personnes. Dans cette liste, les facteurs liés à la tarification cités sont le niveau de tarification, le mode de subvention, la structure et l'intégration des tarifs et la billettique, mais ils ne sont pas détaillés. Par billettique, on entend la technologie support des billets (carte à puce, carte magnétique, billets électroniques, code QR...) et les différents modes de réservation et de vente des titres de transport, incluant la vente de titres en ligne (Kostolná & Konečný, 2015). Halden et al. (2002) évoquent également l'efficacité des systèmes de réservation et de collecte des données (manuel, semi-automatique ou automatique).

L'intégration des titres et des tarifs désigne moins l'application de rabais lors de l'achat que l'existence d'une billetterie intercompagnies qui facilite grandement les démarches d'achat et de correspondance. Järvi et Nagel (2013) définissent aussi l'intégration tarifaire comme la disponibilité de titres intégrés entre les modes longue et courte distances.

En ce qui concerne le coût pour l'utilisateur, le coût direct (*'out-of-pocket costs'*) issu, par exemple, du prix du ticket de transport en commun, n'est généralement pas suffisant. De fait, la comparaison de ce coût avec celui d'un voyage semblable réalisé en voiture met en évidence une perception biaisée du coût réel du déplacement chez les utilisateurs de la voiture. En effet, ceux-ci ne prennent généralement en compte que les dépenses directes comme le péage et le stationnement, en négligeant les dépenses annexes comme le coût du carburant, des réparations, de l'assurance, des taxes, de l'achat de l'automobile (TCQSM III et al., 2013), (Dharmadhikari & EunSu, 2015). Ainsi, le ratio de coût de voyage autocar-voiture permet une première comparaison.

Tableau 2.8 : Indicateurs tarification (réalisé par nos soins)

<i>Description</i>		
Coût d'utilisation en fonction du profil du passager (coût/km ou coût/h)	Prix du titre de transport rapporté à la distance parcourue ou au temps de parcours	Adapté de (TCQSM III et al., 2013) ; (Chapman et al., 2006)
Niveau de tarification : tarif moyen par passager-km ou par embarquement	Le tarif moyen par embarquement correspond au revenu total (des ventes de titres, les subventions ne sont pas comptées ici) divisé par l'achalandage total. Il est calculé par voyage, contrairement au tarif moyen par passager-km qui dépend de la distance parcourue.	Adapté de (Land Transport Authority Academy (Singapore), 2011)
Ratio de coût de voyage autocar-voiture <i>NB : on peut utiliser pour ce ratio soit le coût direct, soit le coût généralisé</i>	$R = \frac{C_{bus}}{C_{auto}}$ avec C_{bus} le coût du voyage en autocar interurbain (\$) et C_{auto} le coût du voyage en voiture (\$)	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)
Évolution annuelle des tarifs des titres de transport (% d'augmentation)		Adapté de (OMNIL, 2011)

2.2.2.3 Coût généralisé pour l'utilisateur

Ainsi, le coût du transport en commun ne se limite pas, lui non plus, à la simple valeur monétaire du titre de transport. De nombreux auteurs documentent la création d'une fonction de coût généralisé, aussi appelé impédance, qui prend en compte le coût du temps de transport.

Litman (2016) illustre, par des exemples pris dans plusieurs pays, que la valeur du temps est très variable en fonction du mode de transport utilisé, de la durée totale du voyage, du motif du voyage. La formulation d'un coût généralisé incluant la valeur du temps donnée par Bonnaïfous, Crozet, Mercier, Ovtracht et Thiébaud (2009) est la suivante, pour une zone d'origine i et une zone d'arrivée j :

Équation 1 : Formule du coût généralisé de déplacement

$$C_{ij} = P_{ij} + v * T_{ij}$$

avec C_{ij} le coût généralisé du déplacement entre les zones i et j

P_{ij} le coût monétaire du déplacement entre les zones i et j

v la valeur moyenne du temps ressenti par les usagers

T_{ij} le temps de déplacement entre les zones i et j , qui lorsqu'il s'agit d'un temps généralisé s'exprime ainsi :

Équation 2 : Formule du temps généralisé de déplacement

$$T_{ij} = TR + TAD + TEV + TMaP + TAC + TAX$$

avec TR le temps de rabattement à l'arrêt (*'access time'*)

TAD le temps d'attente au départ

TEV le temps de transport en véhicule

$TMaP$ le temps de marche à pied lors d'une correspondance

TAC le temps d'attente aux correspondances

TAX le temps d'accès à destination (*'egress time'*)

Leur rapport précise qu' « au-delà du temps de déplacement « en véhicule », le coût généralisé peut également intégrer, au travers du coût temporel, la perception qu'a l'utilisateur des conditions de déplacement (confort, pénibilité, temps d'accès au réseau, ruptures de charge...) » (Bonnaïfous et al., 2009). Cette perception prend la forme de coefficients venant pondérer les différents termes de l'équation du temps généralisé. Dans leur formule, vraiment très similaire, Chapman et al. (2006) ajoutent une pénalité de correspondance qui est multipliée par le nombre de correspondances. Les facteurs influençant la pénalité de correspondance sont pour la plupart présentés dans la sous-partie 2.2.2.4.

En termes de performances, Järvi et Nagel (2013) proposent de calculer un facteur d'immobilité, afin de connaître la proportion du temps que les passagers passent sans bouger lors d'un déplacement.

Tableau 2.9 : Indicateurs coût généralisé (réalisé par nos soins)

<i>Performance</i>		
Facteur d'immobilité	$FI = \frac{T_{immobile}}{T_o}$ <p>avec $T_{immobile}$ le temps d'immobilité (attente et correspondances) et T_o le temps de voyage total entre une origine et une destination</p>	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)

2.2.2.4 Correspondances

Il faut dire également que les durées d'attente, de voyage et de transfert sont sensiblement plus longues pour un voyage interurbain que pour un voyage urbain sur une ligne à haute fréquence, par exemple.

Pour ce qui est des correspondances en tant que telles, le facteur clé est l'intégration des services permettant les connexions entre les différents opérateurs de transport (Järvi & Nagel, 2013). Cette intégration se fait à trois niveaux :

- 1) l'intégration tarifaire, qui a été discutée dans la section 0;
- 2) l'intégration temporelle, caractérisée par le temps moyen de correspondance (min) et la variabilité du temps de correspondance moyen (l'écart-type du temps de transfert entre les modes (min)) (Järvi & Nagel, 2013), lesquels dépendent de l'horaire planifié, de la ponctualité et de la fiabilité des services, ainsi que de la disponibilité d'informations en temps réel (Chapman et al., 2006), et qui seront détaillés ci-après ;
- 3) l'intégration spatiale, incluant la qualité de service offerte par les infrastructures (cf. section précédente 2.2.2.1), la localisation géographique des lieux de correspondance et aussi à l'interne par des mesures telles que la distance entre le point de débarquement et le point d'embarquement (Chapman et al., 2006).

Ayant ainsi quantifié le service offert, nous allons à présent passer en revue les indicateurs permettant de le qualifier.

2.2.3 Qualité du service offert

La qualité de service désigne « la capacité d'un service à répondre par ses caractéristiques aux différents besoins de ses utilisateurs ou consommateurs » (définition AFNOR²). Le point de vue considéré ici est donc celui des passagers. Ces indicateurs tiendront compte des conditions de voyage et d'attente et se baseront sur des critères plus qualitatifs que les indicateurs précédemment exposés. Les six catégories retenues pour les organiser sont les suivantes : (1) Information voyageur ; (2) Satisfaction des utilisateurs ; (3) Sécurité et sûreté ; (4) Confort et environnement de voyage ; (5) Accessibilité universelle ; (6) Qualité environnementale. La septième section présentera un indicateur de synthèse rapportant la qualité du service à son coût.

2.2.3.1 Information voyageur

L'information destinée aux voyageurs permet à ces derniers de planifier et d'organiser leurs déplacements. Elle est disponible tant sur des supports traditionnels (horaires affichés aux arrêts, fiches horaires distribuées en point de vente, panneaux de direction dans les terminus) que sur des supports virtuels (site web, applications). La performance et la disponibilité de l'information sur ces supports sont caractérisées par exemple par :

- le type de support des horaires et tarifs (affichage des horaires au poteau notamment) ;
- la facilité d'accès et de lecture de l'information (éventuellement, sa disponibilité en plusieurs langues) ;
- la fréquence de mise à jour ;
- l'existence d'un service d'information aux voyageurs (SIV) en temps réel (TR) (Kostolná & Konečný, 2015).

De plus, Järvi et Nagel (2013) recommandent l'intégration de l'information, c'est-à-dire la mise à disposition de l'information pour les modes de longue et de courte distance.

² AFNOR : Association Française de Normalisation ; Référence tirée du site <http://www.definitions-marketing.com/definition/qualite-de-service/> consulté le 03/06/2016

2.2.3.2 Satisfaction des utilisateurs

Le service à la clientèle est mesuré par le niveau de satisfaction ou de mécontentement des clients. Ces retours des utilisateurs peuvent porter sur le niveau et la qualité du service en général, mais aussi sur le comportement des employés. Les qualités évaluées aussi bien chez les conducteurs que chez les chargés de la vente de titres et les contrôleurs sont la courtoisie, la politesse, le respect, la considération et l'amabilité (Freitas, 2013).

Les passagers sont également sensibles à la ponctualité des services par rapport à l'horaire planifié, à la régularité des services (Freitas, 2013) ainsi qu'à la fiabilité du service (Kittelsson & Associates INC. et al., 2003). Ces caractéristiques sont évaluées par les indicateurs présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2.10 : Indicateurs satisfaction des utilisateurs (réalisé par nos soins)

<i>Description</i>	
Taux de satisfaction des passagers	Adapté de (Kostolná & Konečný, 2015)
Temps de traitement des demandes et des plaintes des utilisateurs du service	Adapté de (Kostolná & Konečný, 2015)
Temps de retard moyen des véhicules	Adapté de (Kostolná & Konečný, 2015)
Part de départs effectués dans l'intervalle de tolérance pour le retard du transporteur ou de l'autorité organisatrice du transport	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)
Taux de kilomètres (ou de services) prévus, mais non réalisés (annulés ou reportés) pour tous motifs, soit « en raison d'aléas d'exploitation internes ou externes (incidents techniques, mouvements sociaux, intempéries...) »	Adapté de (Institut de la Gestion Déléguée, 2008) ; (Kostolná & Konečný, 2015)

2.2.3.3 Sécurité et sûreté

Avant de les caractériser, il faut distinguer la sûreté et la sécurité. Nous retiendrons les définitions posées par Piètre-Cambacédès (2011) pour le domaine de l'informatique, mais qui sont également valables pour un nombre certain d'autres domaines, à savoir que :

- « la sûreté correspond de façon générique à la démarche, ainsi qu'aux méthodes et dispositions associées, visant à limiter les risques de nature accidentelle, i.e. sans

malveillance, étant susceptibles d'avoir des répercussions sur l'environnement du système considéré »

- « la sécurité correspond quant à elle à la démarche, ainsi qu'aux méthodes et dispositions associées, visant à limiter les risques de nature malveillante, i.e. provenant ou étant exacerbés par une volonté de nuire, indépendamment de la nature de ses conséquences. »

Il est important de préciser qu'au Québec, le sens donné à ces vocables est inversé. D'après le Thésaurus de l'activité gouvernementale (Portail Québec - Services Québec, 2016), « la « **sécurité** », est l'ensemble des mesures que l'on prend lorsqu'un incident ou un accident se produit » et « la « **sûreté** », par contre, est l'ensemble des moyens que l'on prend pour qu'une installation, un appareil, etc. fonctionnent bien. » Plus particulièrement, l'organisme gouvernemental qu'on appelle la Sûreté du Québec « a pour mission de maintenir la paix et l'ordre public; de prévenir et réprimer le crime; de soutenir la communauté policière; de coordonner les opérations policières d'envergure; de contribuer à l'intégrité des institutions étatiques; d'assurer la sécurité des réseaux de transport québécois. »

En ce qui concerne la sûreté, plusieurs indicateurs sont rapportés dans le tableau ci-dessous. Les facteurs qui contribuent à réduire les risques liés à la sûreté sont notamment le respect des lois de la circulation (limite de vitesse, dépassements, téléphone au volant) (Freitas, 2013), et les mesures de prévention prises par les transporteurs (visites médicales annuelles notamment).

Tableau 2.11 : Indicateurs sécurité et sûreté (réalisé par nos soins)

<i>Description</i>		
Taux d'accidents véhicules	Distance (exprimée en véhicule-km) entre deux accidents ou deux pannes de service	Adapté de (Kittelsson & Associates INC. et al., 2003) ; (Galvis, 2014)
Accidents passagers (par million de passagers-km ou pour 100 000 embarquements)	Nombre de blessures graves et de décès de passagers	Adapté de (Kittelsson & Associates INC. et al., 2003) et (Woldeamanuel, 2012)
Réparations et remorquages	Nombre d'heures ou de kilomètres entre deux appels pour assistance nécessitant le déplacement d'un véhicule de maintenance ou de remplacement	Adapté de (Kittelsson & Associates INC. et al., 2003)
Blessures graves et décès en correspondance	Nombre de personnes blessées gravement ou tuées lors d'une correspondance ou dans un terminal par année par catégorie (employés, passagers, autres)	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)
Nombre de réclamations au motif des incidents (par millier de voyages)		Adapté de (Institut de la Gestion Déléguée, 2008)
Accidents du travail	Nombre de jours d'arrêt de travail du personnel (incapacité physique ou morale d'exercer son travail) en raison d'incidents par millier de jours travaillés	Adapté de (Institut de la Gestion Déléguée, 2008)

Pour ce qui est de la sécurité, elle consiste d'après Freitas (2013) à « fournir un service sans incidents compromettant les biens physiques, financiers et personnels (confidentialité) des passagers, tels que [...] les vols, les agressions et la divulgation d'informations personnelles ». L'efficacité des mesures de sécurité prises peut ainsi être caractérisée par « le taux de criminalité

[et] le pourcentage de véhicules équipés de dispositifs de sécurité » (Kittelson & Associates INC. et al., 2003).

Chapman et al. (2006) indiquent que « la sécurité et la sûreté influencent la perception des pénalités d'attente, de marche et de correspondance » et que « si le niveau de risque perçu dépasse la limite au-delà de laquelle le voyageur ne voudra plus utiliser le transport en commun, il voyagera avec d'autres modes ou n'effectuera pas du tout le déplacement » (traduction libre de l'auteur).

2.2.3.4 Confort et environnement de voyage

Le confort à bord et l'environnement de voyage cités par Kittelson & Associates INC. et al. (2003), incluent des notions de propreté et de confort des véhicules et des installations. Quelques éléments appréciés, voire nécessaires pour les passagers, sont la présence de toilettes (en particulier pour les voyages les plus longs), la climatisation, la contenance des soutes à bagages et les services liés (transport de colis, de vélos). Par ailleurs, la disponibilité du Wifi et de prises de courant permet aux voyageurs d'utiliser leur temps de manière productive.

L'achalandage peut également influencer le confort à bord, mais de manière moins importante que pour le transport urbain. En effet, les bus urbains offrent des places assises et debout. En cas de forte fréquentation, le niveau de pénibilité du transport augmente en fonction de la disponibilité d'une place assise dans le véhicule, du niveau de promiscuité induit par le facteur de charge ou par la densité de personnes debout (en passagers/m²) et de l'impossibilité de monter dans un véhicule en cas de surcharge (Frappier, 2015).

Contrairement au transport urbain, les passagers réalisant des déplacements interurbains sont assis du fait de l'aménagement des véhicules (autocars) et de la réglementation, qui, au Québec, n'autorise de voyager debout que si le véhicule est plein et dans la limite d'une personne debout par rangée de sièges.

2.2.3.5 Accessibilité universelle

L'accessibilité universelle désigne généralement le niveau d'adaptation du service pour les personnes à mobilité réduite. D'après Järvi et Nagel (2013), les personnes à mobilité réduites incluent les enfants, qu'ils soient avec leur famille ou qu'ils voyagent seuls, les personnes âgées, les personnes avec des bagages ou d'autres choses lourdes ou imposantes et les personnes handicapées (physiquement ou intellectuellement).

L'accessibilité universelle rassemble aussi bien l'assistance disponible pour ces personnes lors de leur déplacement (Kostolná & Konečný, 2015) que les aménagements aux arrêts et dans les véhicules : rampes, ascenseurs, toilettes adaptées, espace pour placer un fauteuil roulant, espace réservé pour les chiens accompagnant des aveugles ou des malvoyants, affichage ou annonce vocale des arrêts (Freitas, 2013). L'Institut de la Gestion Déléguée (2008) propose un indicateur chiffré décrit dans le tableau ci-dessous : la part des arrêts accessibles de manière universelle.

Tableau 2.12 : Indicateurs accessibilité universelle (réalisé par nos soins)

<i>Définitions</i>		
Accessibilité universelle : part des arrêts aménagés pour les personnes à mobilité réduite	$AU = \frac{NA_{accessibles}}{NA_{total}}$ <p>avec $NA_{accessibles}$ le nombre de « points d'arrêts aménagés pour garantir l'accès aux personnes handicapées de façon permanente ou temporaire (accès physique, sensoriel et cognitif) [et] desservis par du matériel roulant accessible », et NA_{total} le nombre total d'arrêts du réseau</p>	Adapté de (Institut de la Gestion Déléguée, 2008)

Bien souvent oubliés des définitions classiques, d'autres groupes de personnes ont des besoins spéciaux dont il faut tenir compte. Järvi et Nagel (2013) citent notamment les touristes et les étrangers, les personnes n'ayant pas d'accès à Internet ou pas de smartphone et les actifs qui ont besoin d'être en mesure de travailler à bord des véhicules ('*commuters*'). L'Institut de la Gestion Déléguée (2008) évoque également les personnes en situation de précarité, « sous condition de statut (demandeurs d'emploi, personnes âgées ou handicapées...) et/ou de revenu (bénéficiaires de minima sociaux, revenus non imposables...). » Il est plus difficile de quantifier l'adaptation du service pour ces publics, car il n'existe pas d'indicateur global les regroupant.

2.2.3.6 Qualité environnementale

Il ne faut pas oublier que l'utilisation tout comme l'exploitation des services de transport interurbain ont des impacts sur l'environnement et la qualité de vie de la population. Ces impacts, qu'ils soient positifs ou négatifs, se mesurent dans les domaines suivants : congestion, qualité de

l'air, bruit, valeur du terrain, activité économique, forme physique, environnement social (d'après un schéma de Rafiee (2009) tiré de Vuchic (2005)). Quelques indicateurs les qualifiant sont exposés dans le tableau ci-après.

Tableau 2.13 : Indicateurs qualité environnementale (réalisé par nos soins)

<i>Description</i>		
Émissions de gaz à effet de serre (en grammes par passager-km) et de particules fines	Gaz considérés : CO ₂ , NOX,	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)
Part des voyages réalisés dans des véhicules « propres » (%)	$VP = \frac{n_{voyages propres}}{n_{voyages totaux}}$ <p>avec $n_{voyages propres}$ le nombre de voyages effectués dans des véhicules propres, soit électriques ou thermiques et répondant aux normes d'émission en vigueur en Europe [normes EURO]</p> <p>$n_{voyages totaux}$ le total des voyages réalisés sur l'ensemble des lignes du réseau</p>	Adapté de Institut de la Gestion Déléguée (2008)
Répartition du parc de véhicules « propres » (%)	$RP = \frac{\sum_{i=0}^n i * P_i}{n * P}$ <p>avec i désignant les différentes classes de la norme EURO, n la norme de l'année N, P_i le nombre de véhicules répondant à la norme Euro i pour l'année N</p>	Adapté de Institut de la Gestion Déléguée (2008)
<i>Performance</i>		
Efficacité énergétique d'un mode (en passager-km par litre de carburant)		Adapté de (Woldeamanuel, 2012)

Tableau 2.13 : Indicateurs qualité environnementale (réalisé par nos soins) [suite]

Énergie moyenne utilisée par un mode, exprimée en BTUs* par passager-km <i>*British Thermal Units (unité d'énergie permettant la comparaison de différents carburants)</i>	<u>Exemple d'estimation aux États-Unis en 2008 et 2011 :</u> <i>Bus : 600 à 1000 BTUs/pass-mille</i> <i>Train : 2100 à 2500 BTUs/pass-mille</i>	Adapté de (O'Toole, 2011) et (Woldeamanuel, 2012)
Productivité énergétique (kWh)	Utilisation d'énergie par lieu de correspondance ou terminus par an et par passager	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)

2.2.3.7 Indicateur de synthèse qualité – coût

L'Institut de la Gestion Déléguée (2008) propose une méthode de calcul pour un indicateur de synthèse qualité – coût. La plupart des indicateurs majeurs qui le composent ont été rapportés dans les sections et sous-parties précédentes.

MODE DE CALCUL				
BESOINS À SATISFAIRE	IMPORTANCE	INDICATEURS MAJEUR	SATISFACTION	
fonctions et sous-fonctions	Sur 100 points		note sur 4	note pondérée
F1- Faciliter l'accès des territoires aux citoyens (travail, commerce, loisirs, santé, école, etc..) par une offre de service adaptée	30			85
1.1 Faciliter l'accès physique (implantation lignes/ territoires)	20	(1) - Kilomètres commerciaux par habitant du PTU (2) - Déplacements par habitant du PTU	3	60
1.2 Faciliter l'accès temporel (fréquence adaptée, fréquence minimale des services réguliers dans une amplitude maximale)	5	(3) - Amplitude	3	15
1.3 Faciliter la continuité entre réseaux (intermodalité)	5	(4) - Part des déplacements intermodaux	2	10
F2. Favoriser l'accessibilité de tous aux transports publics	20			40
2.1. Garantir l'accès des personnes à mobilité réduite	10	(5) - Part des points d'arrêts accessibles	2	20
2.2. Favoriser l'accès des personnes en situation de précarité	10	(6) - Existence d'une tarification en faveur des personnes en situation de précarité	2	20
F3. Réduire les impacts du transport individuel par l'attractivité du service de transports publics	20			60
3.1 Informer sur les modalités de déplacement (service normal + incidents...), respecter les horaires, améliorer le confort (déplacements, lieux d'attente)	15	(7) - Existence d'une démarche qualité contractualisée	3	45
3.2 Garantir la continuité du service (incidents, grèves...)	5	(8) - Taux de kilomètres non réalisés tous motifs	3	15
F4. Développer la relation citoyenne	10			20
4.1 Renforcer la sûreté du réseau	5	(9) - Réclamations au motif des incidents par millier de voyages	2	10
4.2 Enregistrer et prendre en compte les réclamations	5	(10) - Réclamations par millier de voyages	2	10
4.3 Développer la transparence de gestion et la concertation				
5. Participer à la qualité environnementale par un fonctionnement propre	10	(11) – Part des voyages « propres »	2	20
6. Garantir un fonctionnement économique acceptable pour l'utilisateur et pour la collectivité	10			30
6.1. Assurer la pérennité du patrimoine de transport (investissements/besoins...)	10	(12) - Age moyen du parc de matériel	3	30
TOTAL		100	TOTAL 255	
			Note maxi	400
6.2. Assurer la durabilité du financement (répartition charge utilisateurs, collectivités, salariés...)			(13) - Budget transport par déplacement	20
			Rapport Q/C	12,75
			Rapport Q/C de la strate des collectivités	12
			Position par rapport à la strate	1,06
			Moyenne des 3 dernières années	

Figure 2.3 : Méthode de calcul de l'indicateur de synthèse qualité – coût de l'Institut de la Gestion Déléguée (2008)

Après avoir ainsi présenté des moyens permettant d'évaluer la qualité de service du transport interurbain, la sous-partie suivante développera les indicateurs caractérisant l'accessibilité et les méthodes d'analyse spatiale de l'offre.

2.2.4 Accessibilité

L'accessibilité (ou accès) est définie par Litman (2016) comme « la capacité à atteindre des biens, des services et des activités » (traduction libre de l'auteur). Godin (2012) établit quatre échelles d'entités à évaluer pour la caractériser : l'individu, le point d'intérêt, le territoire ou la zone, et l'aménagement. Ce dernier, témoignant du niveau d'accessibilité universelle, a été traité dans la section 2.2.3.5 et ne sera donc pas repris ici. Ces entités sont examinées selon des méthodes d'évaluation statique, dynamique et cinétique. Une partie seulement des méthodes développées dans le mémoire de Godin (2012) seront reprises ici, mais le plan s'inspire de la classification qui y a été établie. De fait, la présente sous-partie traitera d'abord de l'accessibilité de la population (individus, ménages ou groupes d'individus) à des points d'intérêts (e.g. les emplois). Ensuite viendra une analyse des opportunités, des alternatives et d'autres indicateurs témoignant de l'accessibilité spatiale et temporelle. Et enfin, la représentation géographique à l'échelle de la zone ou du territoire sera abordée, avec notamment les cartes isochrones, le potentiel d'accessibilité spatialisé généralisé et les cartes en anamorphose.

2.2.4.1 Accessibilité sociodémographique

D'après Geurs et van Wee (2004), « les mesures d'accessibilité peuvent être utilisées comme des indicateurs sociaux s'ils illustrent la disponibilité d'opportunités sociales et économiques pour des individus (ou des groupes d'individus), i.e. le niveau d'accès aux sources essentielles pour l'existence humaine telles que l'emploi, la nourriture, la santé et les services sociaux, ainsi que le potentiel pour l'interaction sociale avec la famille et les amis ».

L'accessibilité gravitaire dont la formule est exposée ci-après est l'indicateur le plus classique pour calculer l'accès à une opportunité, que ce soit à l'emploi comme dans l'exemple ci-dessous ou à n'importe quel bien, service ou activité qui pourrait être identifié dans un panier de biens. Un autre indicateur utilisé pour estimer le niveau de développement d'une région, l'accessibilité rurale à une infrastructure de transport, est également détaillé dans le tableau.

Tableau 2.14 : Indicateurs d'accessibilité sociodémographique (réalisé par nos soins)

Définitions		
Accessibilité gravitaire à l'emploi pour une zone i	$A_i = \sum_{j=1}^n E_j \exp^{-\beta C_{ij}}$ <p>avec, pour un nombre n de zones, E_j le nombre d'emplois dans la zone j, C_{ij} le coût généralisé entre les zones i et j, avec $C_{ij} = P_{ij} + v * T_{ij}$ où P_{ij} correspond au coût monétaire, v à la valeur du temps et T_{ij} au temps de déplacement, β un paramètre (facteur de friction, représentant la plus ou moins grande résistance au coût de déplacement)</p>	Adapté de (Bonnaïfous et al., 2009) ; (Godin, 2012) ; (Geurs & van Wee, 2004)
Accessibilité rurale à une infrastructure de transport (% de la population rurale)	$AR = \frac{P_{avec\ accès}}{P_{totale}}$ <p>avec $P_{avec\ accès}$ la population rurale qui vit à moins de 2 km (équivalent à 20 min de marche) d'une route praticable en toute saison (personnes) et P_{totale} la population rurale totale (personnes)</p>	Adapté de (Roberts & Thum, 2005) ; (Godin, 2012) ; (Woldeamanuel, 2012)
Service à la communauté rurale	Part de la population rurale utilisant le service (%)	Adapté de (Woldeamanuel, 2012)
Service aux personnes à revenu faible*	Part des utilisateurs ayant un salaire annuel inférieur au seuil de faible revenu*	Adapté de (Woldeamanuel, 2012)

³ Articles de Statistique Canada sur les seuils de faible revenu, <http://www.statcan.gc.ca/pub/75f0002m/2009002/s2-fra.htm>, consulté le 23.06.16

2.2.4.2 Indicateurs spatiaux

L'accessibilité varie dans l'espace et dans le temps. Nous verrons tout d'abord des indicateurs la caractérisant dans l'espace, puis d'autres indicateurs décrivant les opportunités.

Le tableau ci-dessous rassemble trois mesures de l'accessibilité spatiale. Le premier, le taux de desserte, est un indicateur général applicable à l'ensemble d'un réseau, tandis que les deux autres qualifient les propriétés d'une zone en rapportant le nombre de passages-arrêt à sa superficie et à sa population.

Tableau 2.15 : Indicateurs spatiaux (réalisé par nos soins)

<i>Définitions</i>		
Pourcentage de la surface accessible (en fonction d'une zone tampon de 500 m par exemple)	$SA_{500m} = \frac{S_{vol\ d'oiseau}}{S_{totale}}$ <p>avec $S_{vol\ d'oiseau}$ la surface accessible à vol d'oiseau (km²) dans un rayon de 500 m autour de chacun des arrêts du réseau, et S_{totale} la superficie totale de la région d'étude</p>	Adapté de (Galvis, 2014)
<p>Taux de desserte réelle (% de la surface)</p> <p><i>NB : Les distances retenues dans l'étude de (Heran, 2009) pour l'analyse sont de 350 m (5 min à pied) et 700 m (10 min à pied), dans un calcul sur réseau de l'accessibilité piétonne au transport en commun en zone urbaine.</i></p>	$TD = \frac{S_{accessible\ réseau}}{S_{vol\ d'oiseau}}$ <p>avec $S_{accessible\ réseau}$ la surface réellement accessible (km²) et $S_{vol\ d'oiseau}$ la surface théoriquement accessible à vol d'oiseau (km²)</p>	Adapté de (Héran, 2009) ; (Godin, 2012)
Densité de passages-arrêt par zone (passages-arrêt/km ²)	$D_i = \frac{\sum Passages\ arrêts_i}{Aire_i}$ <p>avec i la zone considérée, $\sum Passages\ arrêts_i$ la somme des passages-arrêt pour tous les arrêts situés dans la zone i, $Aire_i$ la superficie de la zone i (km²)</p>	Adapté de (Godin, 2012)

Tableau 2.15 : Indicateurs spatiaux (réalisé par nos soins) [suite]

Ratio de passages-arrêt par personne	$R_i = \frac{\sum Passages\ arrêts_i}{Pop_i}$ <p>avec i la zone considérée, $\sum Passages\ arrêts_i$ la somme des passages-arrêt pour tous les arrêts situés dans la zone i, Pop_i la population de la zone i (personnes)</p>	Adapté de (Godin, 2012)
--------------------------------------	---	-------------------------

D'autres approches sont possibles, comme la contactabilité⁴ et la *time-geography* proposées par L'Hostis et Leysens (2012), qui permettent de prendre en compte respectivement le potentiel de contact et les contraintes temporelles et spatiales d'un déplacement potentiel de manière simultanée. L'accessibilité est alors exprimée en termes de distance-temps.

Par ailleurs, la qualité de l'accessibilité peut se mesurer en nombre d'opportunités pour un arrêt ou pour le réseau complet. Fortin (2016) définit une opportunité comme un arrêt accessible à partir d'un autre arrêt déterminé pour un temps de déplacement inférieur à une limite fixée. Dans son mémoire, est considéré comme une opportunité « le chemin le plus court entre deux arrêts pour un départ donné s'il peut s'effectuer en moins de deux heures ». Il propose quatre indicateurs principaux à partir de cette notion :

⁴ Contactabilité ou potentiel de contact : « possibilité de contacter un individu dans une destination lointaine », qui peut être soit le lieu de départ, soit le lieu d'arrivée (L'Hostis & Leysens, 2012). Concrètement, cet indicateur permet d'identifier les lieux de contact émetteurs ou récepteurs et de mener des analyses territoriales (qualité des relations dans l'espace) et des évaluations de projets (identification des maillons manquants dans un territoire).

Tableau 2.16 : Indicateurs opportunités (réalisé par nos soins)

<i>Définitions</i>		
Degré de connectivité (%)	$C = \frac{n_{\text{paires connectées}}}{n_{\text{total paires}}}$ <p>avec $n_{\text{paires connectées}}$ le nombre de paires d'arrêts connectées, c'est-à-dire pour lesquelles « il existe au moins un voyage en TC de moins de deux heures entre ces deux arrêts pour une heure donnée » et $n_{\text{total paires}}$ le nombre total de paires d'arrêts du réseau</p>	Adapté de (Fortin, 2016)
<p>Opportunités-arrêt (nombre absolu ou % d'opportunités) pour une heure choisie</p> <p><i>Représentation : comparaison de cartes d'opportunités-arrêt pour les périodes en pointe et hors-pointe ; distribution fréquentielle horaire</i></p>	$Opp(A_i) = n_{\text{paires connectées}}(A_i)$ <p>avec $n_{\text{paires connectées}}(A_i)$ le nombre de paires d'arrêts accessibles en transport en commun en moins de deux heures à partir de l'arrêt A_i pour une heure fixée, ou bien</p> $Opp(A_i) = \frac{n_{\text{paires connectées}}(A_i)}{n_{\text{total paires}}}$ <p>avec $n_{\text{total paires}}$ le nombre total de paires d'arrêts</p>	Adapté de (Fortin, 2016)
Nombre d'opportunités-personnes du réseau	$OP = \sum_i Opp(A_i) * pop_{500m}(A_i)$ <p>avec $pop_{500m}(A_i)$ le nombre de personnes vivant à moins de 500 m d'un arrêt (d'après l'enquête Origine-Destination la plus récente) et $Opp(A_i)$ le nombre d'opportunités de l'arrêt A_i</p>	Adapté de (Fortin, 2016)
Distribution fréquentielle des temps de parcours des différents voyages considérés comme des opportunités		Adapté de (Fortin, 2016)

Frappier (2015) propose quant à lui une méthode pour analyser la qualité et la diversité des alternatives de transport en commun. En effet, la vulnérabilité des utilisateurs pour un mode de transport diminue si, lorsqu'un incident entraîne un fonctionnement perturbé d'une partie du réseau, l'utilisateur dispose d'une ou plusieurs alternatives (utilisant le même mode) pour réaliser

son déplacement. La méthodologie développée par Frappier (2015) pour le transport en commun urbain permet de caractériser ces alternatives. Pour une paire origine-destination, toutes les alternatives en transport en commun sont identifiées, évaluées, filtrées puis classées. Des indicateurs globaux de qualité et de diversité sont ensuite calculés.

2.2.4.3 Représentation géographique de l'accessibilité

L'accessibilité peut également être illustrée dans l'espace à l'aide de cartes. Le format le plus classique est la carte isochrone.

Une carte isochrone représente des surfaces délimitées par des courbes isochrones, constituées de tous les points qu'il est possible d'atteindre dans un intervalle de temps fixé à partir d'un lieu de départ. La réalisation de cartes isochrones basées sur les temps de déplacement permet d'identifier visuellement les zones les mieux desservies par le transport en commun, ainsi que celles qui sont les plus défavorisées. L'analyse peut être menée avec des distances à vol d'oiseau (zones tampon) ou des distances sur le réseau, qui sont plus proches de la réalité (plus court chemin déterminé par un calculateur de trajets).

Le temps de parcours considéré est le temps généralisé et tient compte des temps d'accès, d'attente, en véhicule, de correspondance et de sortie. Il varie en fonction des auteurs, par exemple 30 min pour Halden et al. (2002) en voiture en milieu rural et 35 min pour Genre-Grandpierre (2005) en transport en commun dans une ville de taille moyenne (moins de 120 000 habitants).

Le principal désavantage de cette méthode tient au fait que l'analyse est ponctuelle. Elle doit donc être réalisée pour chaque lieu et pour chaque heure de départ, ce qui complique la mise en pratique et l'analyse comparée.

Afin de dépasser ce problème de cartes multiples et de permettre l'appréhension globale d'un réseau ou d'un territoire, Genre-Grandpierre (2005) a développé un indicateur unique : le **potentiel d'accessibilité spatialisé généralisé**. Il est calculé à partir d'isochrones, selon la méthode suivante :

- 1) Calcul de la surface accessible déterminée par les isolignes du potentiel d'accessibilité du lieu de départ (pour un temps généralisé de 35 min) ;

- 2) Interpolation spatiale de type krigeage quadratique (Arnaud & Emery) « afin d'étendre l'information calculée de façon discrète à la totalité de l'espace étudié » (Genre-Grandpierre, 2005).

La Figure 2.4 illustre le résultat obtenu en appliquant cette méthode pour le centre-ville de Besançon (France).

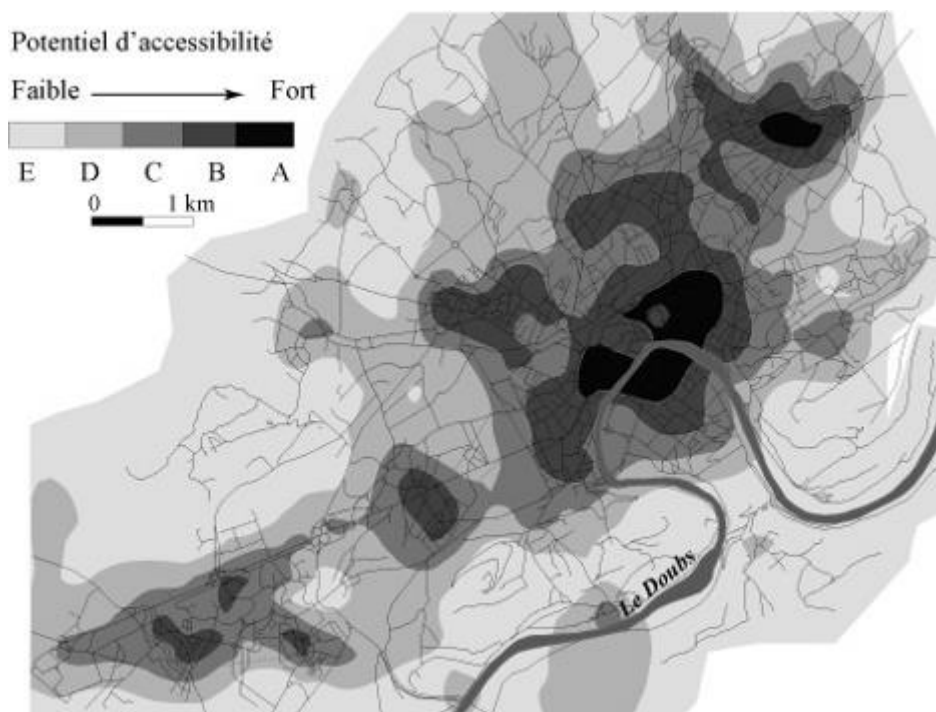


Figure 2.4 : Représentation du potentiel d'accessibilité généralisé en bus à Besançon (France) en 2007 (Genre-Grandpierre, 2005)

Enfin, Cauvin (1994) et Langlois et Demain (1996) proposent un autre type de représentation : la carte en anamorphose. Le principe est de représenter l'espace fonctionnel non pas en fonction des distances géographiques traditionnelles, mais en fonction des temps de parcours pour un mode donné. La Figure 2.5 est un exemple de carte en anamorphose pour les temps de transport en train depuis Londres et Paris respectivement, à l'hiver 1992-1993. Les frontières géographiques telles que représentées traditionnellement sont en pointillés. Sur ces cartes, on constate par exemple que la Bretagne est aussi proche en termes de temps de voyage en train que l'est de la région parisienne, alors qu'elle est environ deux fois plus éloignée géographiquement.

CARTOGRAPHIE EN ANAMORPHOSE

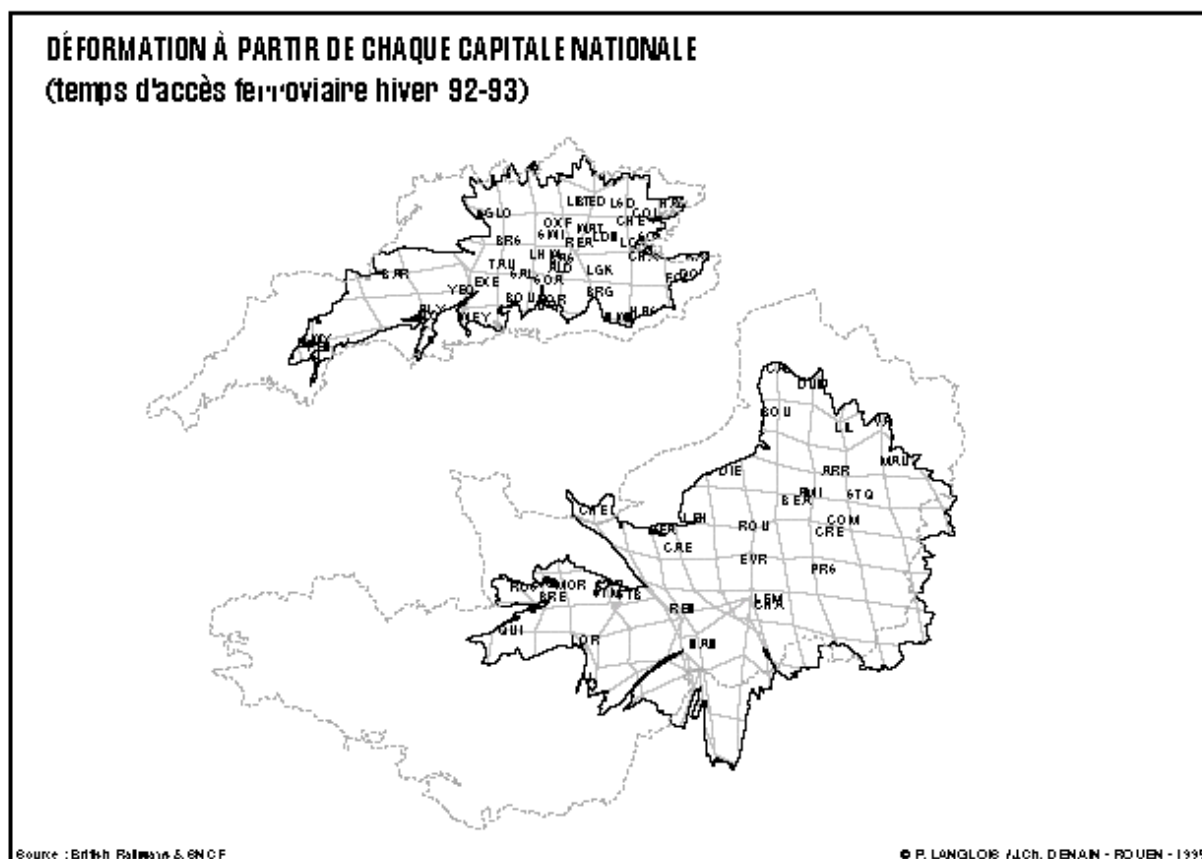


Figure 2.5 : Carte en anamorphose de l'Angleterre et du nord-Ouest de la France (Langlois & Demain, 1996)

2.2.5 Compétitivité et intégration modale et locale

Les arrêts d'autocar ne sont pas forcément situés dans la proximité immédiate de l'origine ou de la destination des déplacements réalisés. Un mode d'accès et un mode de sortie sont donc nécessaires et jouent un rôle important dans le choix modal. En effet, le transport par autocar n'est pas le seul mode de transport que les usagers peuvent utiliser pour se déplacer sur de longues distances, il entre en concurrence avec la voiture, le train, l'avion et le covoiturage. Cette partie ne traitera pas du processus de choix modal, mais tentera plutôt, dans un premier temps, de caractériser l'intégration du transport interurbain par autocar avec les modes locaux permettant l'accès et la sortie ; et dans un second temps, de proposer des outils de comparaison de l'offre entre différents modes de transport de longue distance.

2.2.5.1 Intégration avec les réseaux locaux

En transport interurbain, le premier et le dernier kilomètre sont particulièrement décisifs. Ainsi, l'intégration évoquée dans la sous-partie 2.2.3 ne doit pas se faire uniquement entre les différents transporteurs interurbains, mais aussi entre le réseau interurbain, les réseaux de transport en commun locaux et les autres modes de transport. Ces réseaux peuvent être aussi bien de type urbain, que périurbain ou rural. L'intégration se fait sur plusieurs plans (les points présentés dans cette liste sont adaptés de Järvi et Nagel (2013)) :

- **intégration modale**, avec des mesures telles que la présence de stationnements suffisants, sûrs et abordables pour les vélos et les voitures ; l'absence d'obstacles à l'accès piéton aux arrêts et terminus ; la disponibilité de bornes de recharge pour les véhicules électriques ; la possibilité de transporter un vélo dans les véhicules ; la proximité de services de taxi, de transport à la demande, d'autopartage ou de vélo en libre-service ; la facilité de correspondance avec le bus, le tramway, le métro ou le train... ;
- **intégration temporelle**, notamment la coordination des horaires, caractérisée par la durée moyenne de correspondance et la variabilité de cette durée, ainsi que la ponctualité ;
- **intégration tarifaire**, qui s'illustre par exemple par la présence d'équipements billettiques pour l'achat des titres, la disponibilité de billets électroniques ou d'autres supports, et l'existence de tarifs permettant d'utiliser plusieurs modes avec le même billet (ce qui représente des défis techniques et légaux) ;
- **intégration de l'information**, en particulier la clarté de la signalisation dans les terminus et à leurs abords, la disponibilité d'information en temps réel sur des supports publics ou individuels et la disponibilité d'Internet.

Tableau 2.17 : Indicateurs intégration modale (réalisé par nos soins)

<i>Performance</i>		
Taux de multimodalité (%)	Pourcentage de chaînes intermodales par rapport aux chaînes unimodales pour les voyages complets	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)
Part modale d'accès et de sortie	Pourcentage de voyages en direction de ou depuis des arrêts de transport interurbain réalisés en voiture, en train, en transport en commun, en vélo, à la marche, en taxi ou avec un autre mode	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)

2.2.5.2 Concurrence des autres modes

La performance du transport interurbain par autocar doit être comparée aux performances respectives des autres modes de transport disponibles. Ces modes sont généralement la voiture, le train, l'avion et plus récemment le covoiturage. Trois indicateurs sont présentés dans le tableau ci-dessous afin de quantifier le degré de concurrence d'un autre mode, en utilisant l'exemple de la voiture. Bien entendu, les indicateurs peuvent être appliqués pour tous les autres modes interurbains. De plus, la compétitivité pourra être évaluée sur chacun des indicateurs descriptifs et de performance qui ont été développés dans les sous-parties précédentes, mais la plupart des résultats ne seront pas comparables directement.

Litman (2016) propose également d'évaluer la dépendance à l'automobile. Un système de transport ou un type d'aménagement du territoire y est soumis lorsqu'il favorise l'accès en voiture et que les alternatives qu'il fournit sont relativement inférieures (traduction libre de l'auteur).

Tableau 2.18 : Indicateurs compétitivité avec les autres modes de transport (réalisé par nos soins)

<i>Performance</i>		
Ratio de durée de voyage autocar-voiture pour une ligne (%)	$R_t = \frac{T_{bus}}{T_{auto}}$ avec T_{bus} la durée du voyage en autocar interurbain (h) et T_{auto} la durée du voyage en voiture (h)	Adapté de (TCQSM III et al., 2013) ; (Järvi & Nagel, 2013) ; (Kittelson & Associates INC. et al., 2003)
Ratio de distance généralisée de voyage autocar-voiture (%)	$R_d = \frac{D_{bus}}{D_{auto}}$ avec D_{bus} la distance du voyage en autocar interurbain (km) et D_{auto} la distance du voyage en voiture (km)	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)
Ratio de coût généralisé de voyage autocar-voiture (%)	$R_c = \frac{C_{bus}}{C_{auto}}$ avec C_{bus} le coût généralisé du voyage en autocar interurbain (\$) et C_{auto} le coût généralisé du voyage en voiture (\$)	Adapté de (Järvi & Nagel, 2013)

Cette partie a donc permis de dresser une liste plutôt longue, mais non exhaustive, d'indicateurs de l'offre de transport par autocar interurbain. Ceux-ci permettent de quantifier l'offre d'un point de vue opérationnel et commercial et de qualifier ses performances et sa compétitivité. La partie suivante traitera d'un format particulier de stockage des données d'offre, le GTFS, et passera en revue quelques applications permettant de l'analyser.

2.3 Le format GTFS

Cette partie introduit le format utilisé pour le stockage uniforme de l'information colligée auprès des transporteurs. Il s'agit du GTFS, le *General Transit Feed Specification*, un format standardisé de l'offre de transport qui contient les horaires et tarifs d'une agence de transport et l'information géographique qui leur est associée (localisation des arrêts et des tracés des lignes) (Google Developers, 2016) (traduction libre de l'auteur). Il a été développé en 2005 par Google, en partenariat avec TriMet, l'autorité organisatrice du transport à Portland (Oregon, États-Unis).

L'histoire de ses débuts et de Google Transit est racontée par McHugh (2013) sur sa page web. L'adoption progressive du GTFS aux États-Unis puis dans le monde entier a permis d'uniformiser le format des données ouvertes en transport. De nouveaux développements et des améliorations sont sans cesse menés. On retiendra en particulier la création du format *GTFS-RealTime*, qui permet aux agences de transport d'émettre de l'information en temps réel sur les voyages réalisés (Google Developers, 2015). Ces informations sont de trois types :

- « les mises à jour des voyages telles que les retards, les annulations et les changements d'itinéraire ;
- les alertes de service, lorsqu'un arrêt est déplacé ou que des événements imprévus affectent un arrêt, une ligne ou le réseau entier ;
- les positions des véhicules, que ce soit leur localisation, d'autres informations sur les véhicules ou le niveau de congestion. » (Google Developers, 2015) (traduction libre de l'auteur)

Ainsi, le format GTFS a été choisi parce qu'il a une structure stable et bien documentée et qu'il s'agit d'un format de base dans l'industrie. Après avoir détaillé l'architecture d'un GTFS, nous présenterons quelques-unes des applications et des méthodes qui ont été développées pour exploiter ce format de manière reproductible.

2.3.1 Architecture du format GTFS

Les données d'un GTFS sont réparties dans treize fichiers texte qui sont rassemblés dans un dossier compressé. Certains des fichiers sont obligatoires et d'autres facultatifs, ils viennent enrichir l'information. Leur architecture est présentée à la Figure 2.6 avec le détail des champs pour les six fichiers obligatoires, et uniquement le nom des fichiers facultatifs. Cette figure a été réalisée à l'aide de la documentation en ligne sur le format GTFS (Google Developers, 2016).

Chaque fichier texte a une architecture spécifique, avec certains champs obligatoires et d'autres, facultatifs. Ces derniers sont indiqués dans la Figure 2.6 par le symbole *. De fait, les différents fichiers textes sont reliés par certains champs qui sont des clés externes : par exemple, le champ `stop_id`, qui est la clé primaire du fichier texte `stops.txt`, est également l'un des champs du fichier `stoptimes.txt`. Les données sont complémentaires. Ainsi, alors que `stops.txt` contient la géolocalisation de l'arrêt (latitude et longitude du point), `stoptimes.txt` identifie la position

temporelle (horaire) du passage à l'arrêt dans la séquence d'arrêts d'un voyage donné. Les différentes relations entre les tables ont été représentées par des liens en bleu sur la Figure 2.6.

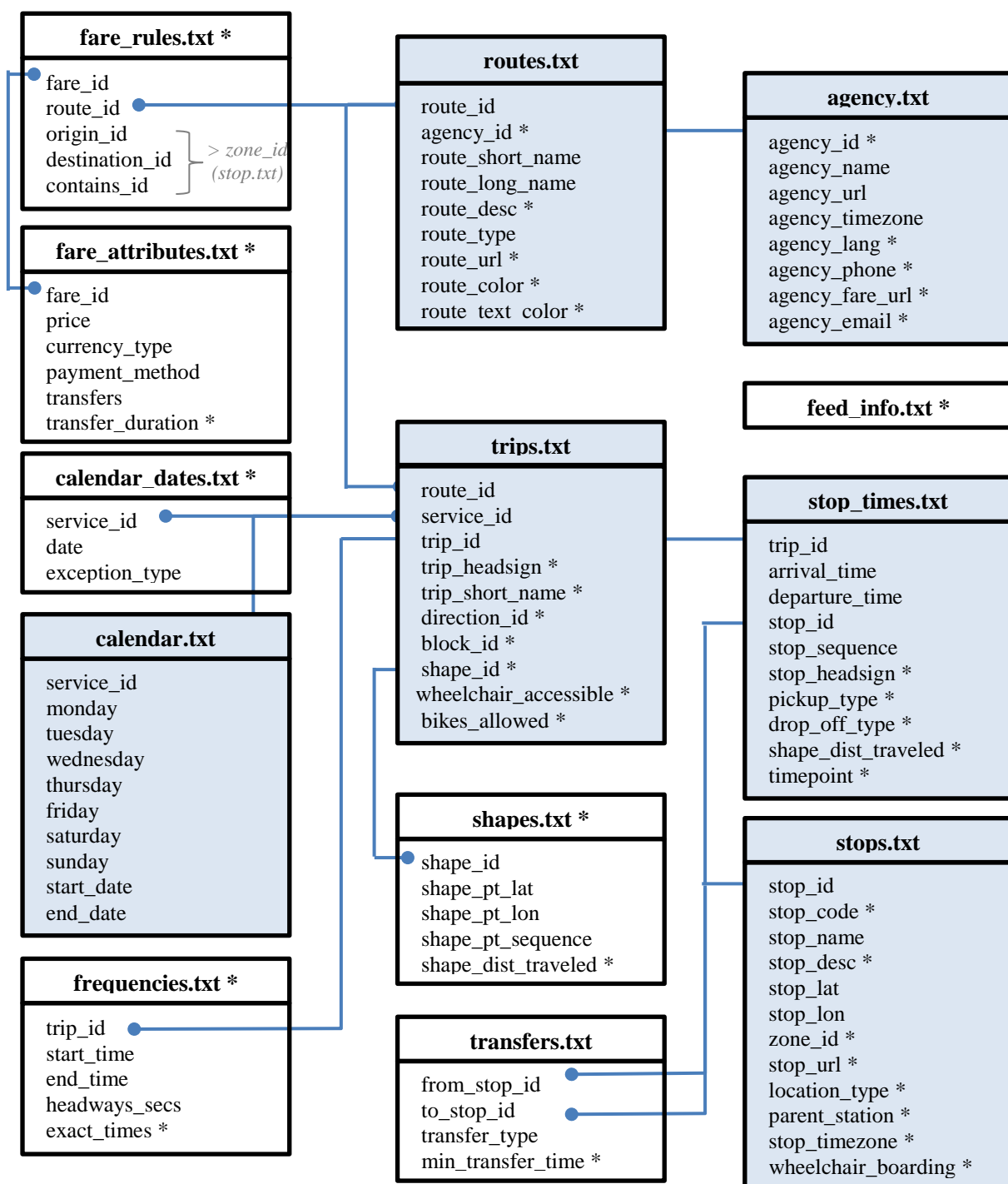


Figure 2.6 : Schéma relationnel du format GTFS (réalisé par nos soins)

2.3.2 Traitement des données issues de GTFS : outils disponibles en ligne

De nombreuses recherches sont menées à partir de données GTFS et des outils sont développés pour en faciliter les analyses. Les plus connus sont *Google Maps* et *OpenTripPlanner*, qui permettent aux utilisateurs de faire des calculs d'itinéraire pour les différents systèmes de transport en commun dont le GTFS est disponible en ligne (Fortin, 2016). Cette sous-partie présente trois autres exemples d'outils disponibles en ligne, destinés quant à eux à l'émission, à l'exploitation et à l'analyse des données.

2.3.2.1 *TransitFeed*

Google a développé un ensemble d'applications rassemblées dans une librairie open source du nom de *TransitFeed*. Il s'agit d'un « progiciel Python d'applications permettant de lire, d'écrire et de valider les flux de données GTFS » (Google, 2014) (traduction libre de l'auteur). Cette librairie a été développée principalement en 2008 et elle a connu des améliorations majeures en 2012 et mineures en 2014. Chacun des éléments de cette librairie est indépendant et il remplit une fonction spécifique :

- « *FeedValidator* est un outil à ligne de commande qui vérifie le flux de données GTFS et identifie les problèmes ;
- *ScheduleViewer* est une application pour explorer un flux de données GTFS et les afficher sur une carte ;
- *KMLWriter* est une application qui positionne les arrêts d'un flux de données dans un fichier KML permettant la visualisation dans Google Earth ;
- *Merge* combine deux fichiers GTFS en un seul ;
- *GoogleRandomQueries* est un programme qui sert d'exemple en générant des requêtes aléatoires pour le calculateur de trajet Google Maps ;
- *UnusualTripFilter* établit des types de voyage en fonction du nombre de fois où le modèle type apparaît. » (Google, 2014) (traduction libre de l'auteur)

2.3.2.2 *GTFS Explore*

D'autres chercheurs ont développé et documenté des applications, comme Wong (2013), qui a créé *GTFSExplore* en 2012. L'application est disponible en ligne et open source (Wong, 2012). Elle permet de réaliser des analyses sur un flux de données GTFS à partir de méthodologies basées sur le TCQSM 2^e édition (TCQSM II et al., 2003). Elle utilise également des traitements basés sur des analyses PostgreSQL et des traitements par lot (*batch analysis*).

Les analyses permettent de produire des indicateurs tels que :

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - le nombre de lignes desservies ; - le nombre de voyages quotidiens ; - le temps moyen (et l'écart type) entre deux arrivées à un même arrêt pour une direction donnée ; - le niveau de service résumé pour chaque arrêt, dans chaque direction et pour chaque service ; - le nombre de voyages quotidiens ; - le nombre d'heures de service pour chaque arrêt ; | <ul style="list-style-type: none"> - l'amplitude horaire générale (et l'heure du premier départ et de la dernière arrivée) ; - le nombre d'arrêts par ligne ; - l'intervalle moyen pour chaque ligne ; - la distance moyenne entre deux arrêts ; - la vitesse du voyage (et les heures de départ et d'arrivée ainsi que la durée du voyage) ; - la vitesse de la ligne. |
|--|---|

2.3.2.3 *Open Transit Indicators*

Le groupe World Bank a lui aussi développé une application web en libre accès, *Open Transit Indicators* (World Bank, 2015). Elle permet de générer des indicateurs de performance et d'accessibilité à partir de données GTFS et d'autres données géographiques (frontières administratives et données démographiques). La démarche de l'équipe, illustrée par un article scientifique (Qu, Krambeck, Dou, & Ollivier, 2016), a pour but de mettre la production d'indicateurs de niveau de service à la portée de tous les planificateurs de transport, en particulier dans les villes les plus pauvres. Le détail du code et des données nécessaires à l'obtention des indicateurs est présenté dans un rapport technique (The World Bank & Azavea, 2013). Les indicateurs produits par l'application *Open Transit Indicators* sont les suivants :

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - la fréquence moyenne de service du système pour un jour de semaine ou de fin de semaine ; - la distance moyenne entre deux arrêts ; - la longueur totale des lignes du réseau ; - le nombre de modes, de lignes et d'arrêts du système de transport ; - la densité d'arrêts par kilomètre de route ; - le taux de couverture du réseau routier ; - le temps de parcours moyen entre deux arrêts consécutifs ; - le nombre d'heures de service hebdomadaires ; - la densité géographique du réseau (la longueur du réseau rapportée à la surface totale de l'aire urbaine) ; - le ratio du nombre d'arrêts sur la longueur de la ligne ; - le temps de parcours moyen global, en heure de pointe et en heure creuse entre deux arrêts en semaine ; | <ul style="list-style-type: none"> - le tarif moyen par mode pour un voyage de 5 km ; - le ratio de lignes desservant les banlieues (en dehors de l'aire urbaine) ; - la couverture spatiale des arrêts (pour des distances inférieures à un seuil fixé – 500 m) ; - l'accessibilité de l'emploi ; - l'« abordabilité » des prix (ratio entre le prix moyen d'un abonnement mensuel de transport en commun et le revenu définissant le seuil de pauvreté) ; - la fréquence de service pondérée par la population desservie ; - l'accessibilité du système = couverture démographique des arrêts (pour des distances inférieures à un seuil fixé) ; - si les horaires réalisés sont connus : performance en termes de temps d'attente, de temps de voyage et de régularité (écart-type entre les horaires prévus et réalisés). |
|---|---|

Cette partie a permis une première approche du format GTFS en présentant l'architecture générale des données et de quelques applications existantes pour pouvoir les exploiter. L'aspect plus concret de la codification et de la création de fichiers GTFS pour cette étude sera abordé dans le prochain chapitre. La prochaine partie propose un aperçu de l'état du transport interurbain par autocar au Québec, en particulier le cadre légal, les différents acteurs et les récents développements et actualités de l'industrie au Québec.

2.4 Aperçu du transport interurbain par autocar au Québec

Cette partie vise à présenter la réalité du transport interurbain par autocar et de son industrie au Québec. Nous verrons tout d'abord le cadre légal dans lequel il s'inscrit, puis les principaux acteurs de l'industrie seront présentés, et enfin les actualités et les derniers développements de ce système seront évoqués.

2.4.1 Cadre légal du transport interurbain au Québec

Tout d'abord, il faut considérer comment est défini le transport interurbain par autocar dans la législation québécoise. Le Portail Québec - Services Québec (2016) le définit comme l'« ensemble des moyens de transport publics ou privés assurant la liaison entre centres urbains dans le transport des personnes. » Par ailleurs, l'organisation gouvernementale en charge de sa régulation, la Commission des Transports du Québec (CTQ), le désigne comme un « service entre deux municipalités, entre une municipalité et une agglomération ou entre deux agglomérations indiquées au permis » (Gouvernement du Québec, 2016).

Il faut savoir qu'au Québec, « la *Loi sur les transports* (L.R.Q., Chapitre T-12) établit deux mécanismes par lesquels des services de transport collectif peuvent être instaurés. D'une part, le pouvoir d'encadrer le transport interurbain est accordé à la Commission des Transports du Québec (CTQ); d'autre part, les autorités municipales peuvent instaurer des services de transport collectif à l'intérieur de leur municipalité ainsi que de leur territoire pour relier des points à l'extérieur de celui-ci » (Girard, 2010). C'est uniquement au transport instauré par le premier type de mécanisme, la CTQ, que nous nous intéresserons ci-après. Nous verrons dans les deux sections suivantes quels sont les deux principes sur lesquels repose cette réglementation : le permis et l'interfinancement.

2.4.1.1 Le système de permis

Le transport par autobus au Québec est divisé en huit catégories de permis, parmi lesquelles le permis de transport interurbain (Guillemette, 2015). Un permis offre une situation de monopole au transporteur qui l'acquiert. Il est valable pour une ligne fixée et pour un certain nombre d'arrêts définis. De plus, « le transport doit être effectué à un prix et suivant un horaire approuvés par la Commission, » (Gouvernement du Québec, 2016) afin d'« assurer aux utilisateurs un service constant et un prix juste et raisonnable ».

Les différentes sections d'un permis sont : (1) les catégories de véhicules autorisés, (2) les territoires autorisés, (3) les municipalités autorisées sur le parcours, (4) les parcours principal et alternatif, (5) la clientèle, (6) les conditions d'exploitation et les restrictions et (7) les horaires et la fréquence (Gouvernement du Québec, 2016).

Toute modification, ajout ou suppression de service doit être soumis et approuvé par la CTQ. Le but est de réguler la concurrence et de protéger les utilisateurs de tarifs trop élevés. Cela permet également d'assurer que le transport interurbain soit un service public avant tout et n'ait pas une visée uniquement commerciale. Cependant, ce cadre limite le champ d'action des transporteurs, car son déploiement prend du temps et nécessite toute une procédure décrite par Girard (2010) :

- « Affichage public pendant 10 jours, dans les véhicules affectés au service, d'un avis de l'intention de modifier ledit service, incluant les modifications proposées ;
- Demande selon les formulaires prescrits à cette fin à la CTQ, accompagnée de la preuve d'affichage ;
- Transmission par la CTQ de l'avis aux AOT dont le territoire est totalement ou partiellement affecté par la modification anticipée ;
- Possibilité d'intervention en opposition par tout citoyen ou AOT qui considère être affecté par la modification ;
- Examen de la situation par le commissaire désigné à la CTQ ;
- Possibilité d'audition publique si requis pour permettre aux parties de démontrer le bien-fondé de leur position ;
- Décision rendue par la CTQ ;
- Mise en vigueur de la décision »;
- (Contestation éventuelle ou même appel auprès d'instances supérieures en vertu du droit en vigueur).

2.4.1.2 L'interfinancement

Le principe d'interfinancement est résumé par Orfali (2014) : « le système québécois de transport [interurbain] est relativement simple : en échange d'un monopole sur une route très lucrative [...],

les compagnies d'autocars s'engagent à desservir certains itinéraires moins achalandés, dans des secteurs plus éloignés des grands centres. Précisons que contrairement à Via Rail Canada ou aux services de transports régionaux ayant vu le jour ces dernières années, l'industrie du transport interrégional par autocar ne reçoit aucune subvention de l'État. »

Girard (2010) explique en effet que « cette approche découle du fait que l'État (ou même les administrations municipales) verrait d'un mauvais œil l'aide financière directe aux entreprises privées opérant commercialement des activités de transport sur leur territoire. » Il précise également que l'interfinancement a évolué au fil du temps, ayant commencé par le financement croisé à partir de privilèges accordés pour des services de transport scolaire puis de transport nolisé, qui ont évolué avec l'apparition des permis réglementant séparément ces types de transport.

2.4.1.3 Limites du modèle

Le modèle de régulation employé par le gouvernement est certainement très utile, mais il a tout de même des limites.

De fait, si le permis contrôle effectivement la concurrence entre transporteurs par autocar, il ne permet pas de réguler les autres modes. Ainsi, l'autocar se trouve en compétition directe avec le train, lequel, contrairement au transport par autocar, est subventionné et avec le covoiturage, qui rencontre un fort succès grâce, entre autres, à sa flexibilité et son coût faible et qui ne subit aucune forme de régulation au Québec actuellement. À cela s'ajoute évidemment la voiture, qui reste le concurrent par excellence de l'autocar. L'avion n'est pas évoqué ici car nous traiterons uniquement des modes de transport terrestres.

Par ailleurs, le modèle de l'interfinancement atteint sa limite de bon fonctionnement lorsque les revenus des lignes les plus rentables ne suffisent plus à couvrir les déficits des lignes les moins rentables (Guillemette, 2015). Dans ce cas, la procédure ne permet pas toujours aux transporteurs de réagir à temps en adaptant leurs services, ce qui les conduit généralement à devoir couper des lignes locales ou à moins les desservir.

A ce propos, Girard (2010) déclare que « le contexte décrit ci-dessus, bien qu'associé par certains à une situation confortable de monopole, est plutôt (pour les transporteurs concernés) un cadre d'opération extrêmement exigeant qui ne favorise ni l'innovation ni la planification d'une croissance à long terme. »

2.4.2 Principaux acteurs du transport interurbain au Québec

La majorité des transporteurs par autocar au Québec font partie de la Fédération des Transporteurs par Autobus (FTA). Cette fédération est issue de la fusion en 2014 de l'Association des Propriétaires d'Autobus du Québec (APAQ) et de l'Association du Transport Écolier du Québec (ATEQ). Elle rassemble actuellement plus de 980 membres, dont plus de 600 membres sont des transporteurs⁵. Parmi ceux-ci, vingt et un opèrent plus particulièrement dans le secteur interurbain⁶.

Six d'entre eux ont accepté de collaborer à cette recherche, à savoir Autobus Breton, Galland Laurentides, Intercar, Autocars Orléans Express, Les Autobus Maheux et Transdev Québec. Ces six transporteurs exploitent la grande majorité des lignes interurbaines au Québec. Le réseau est actuellement représenté par une carte telle que celle présentée à la Figure 2.7 (la date de validité de la carte n'est pas connue de manière exacte, elle a vraisemblablement été produite en 2009).

⁵ Estimation effectuée à partir du répertoire des membres de l'association, <https://www.federationautobus.com/repertoire-membres>, consulté le 10/07/2016

⁶ Estimation effectuée à partir du répertoire des membres transporteurs interurbains de l'association, <https://www.federationautobus.com/repertoire-membres?type=carrier-intercity>, consulté le 10/07/2016

Le **réseau** de **transport interurbain** par **autocar** au Québec

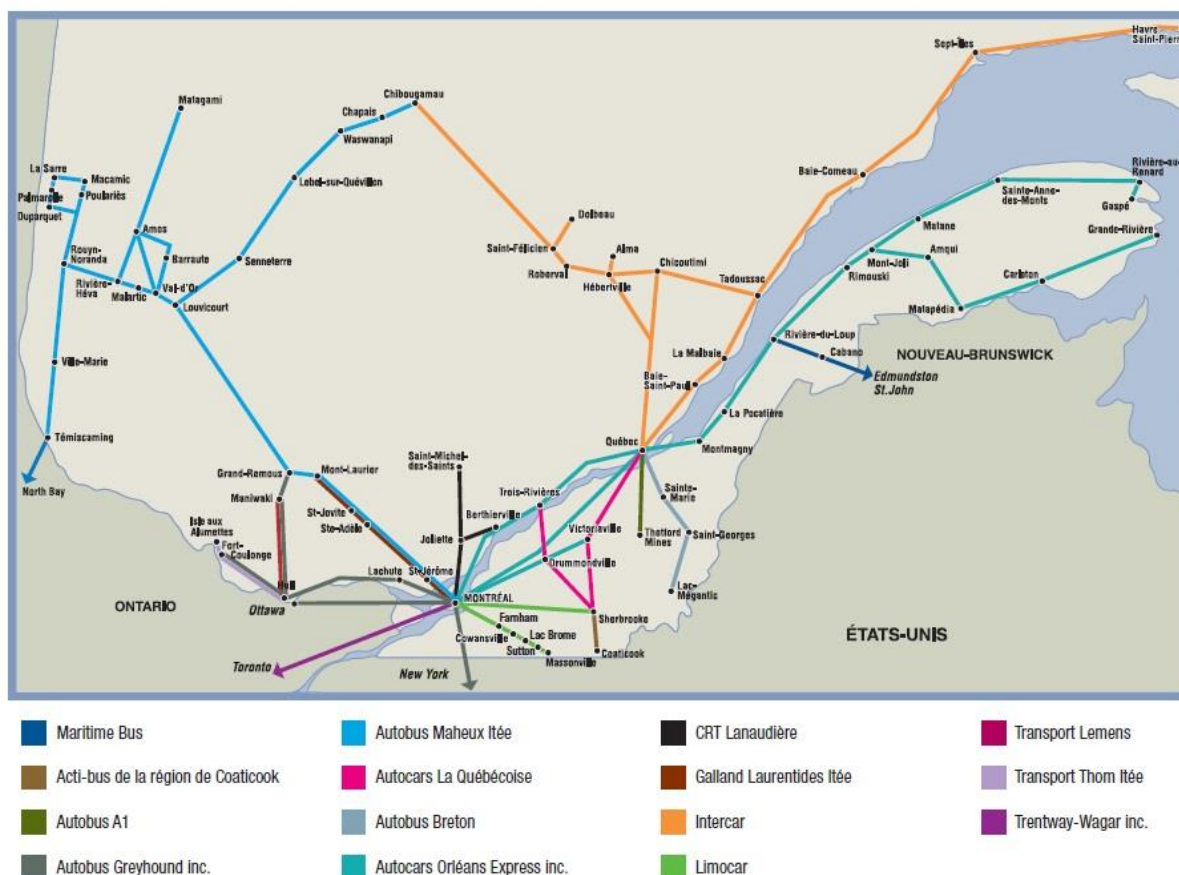


Figure 2.7 : Carte du réseau de transport interurbain par autocar au Québec (source : <http://www.oleansexpress.com> , téléchargé le 15/05/2015)

2.4.3 Actualités et développements récents de l'industrie

Cette sous-partie souligne quelques-uns des faits saillants et des derniers développements de l'industrie du transport par autocar au Québec. L'historique antérieure a été largement développée par Guillemette (2015), en particulier le déclin de la fréquentation observable depuis les années 1950 et les causes probables de cette diminution.

La première section présente une source de données comparable à celle que nous allons établir, qui a été fermée en 2014, le site EspaceBus. La seconde section présente les évolutions majeures qui

ont eu lieu entre 2014 et 2016. Les sections trois et quatre développent enfin respectivement les projets de développement billettique et les modifications les plus récentes du réseau.

2.4.3.1 Source de données du site Espacebus.com (2009-2014)

Bien qu'elle ne soit plus disponible actuellement, une source de données unique a existé entre octobre 2009⁷ et septembre 2014. Il s'agissait d'un portail web du nom d'*Espacebus.ca* puis *Espacebus.com*. Le site rassemblait les horaires, voyages, terminus et forfaits des membres de l'APAQ (Association des Propriétaires d'Autobus du Québec). Ceux-ci sont des opérateurs de transport interurbain, rural, adapté et nolisé au Québec. Le site *EspaceBus* permettait, entre autres fonctionnalités, de faire des calculs de trajet pour des destinations interurbaines. Il faisait l'objet d'un projet de 1,3 M\$⁸ cofinancé par le Ministère des Transports et du Tourisme et l'APAQ.

Cependant, il a été fermé en septembre 2014, suite à la restructuration qui a eu lieu lors de la fusion de l'APAQ et de l'ATEQ (Association du Transport Écolier du Québec), laquelle a donné naissance à la FTA (Fédération des Transporteurs par Autobus). En effet, les informations qu'il contenait n'étaient plus toujours à jour, car la mise à jour mensuelle du contenu du site était très lourde et le format particulier des données utilisé nécessitait l'intervention de plusieurs intermédiaires. Les données brutes fournies par les transporteurs dans un format Excel normalisé étaient d'abord traitées par l'entreprise Nebbio⁹. Ce traitement permettait de les convertir en un format compatible avec le système SOGESTA¹⁰. Ce système a été développé par le groupe de recherche MADITUC de l'École Polytechnique de Montréal, qui est spécialisé en transport et plus particulièrement en transport en commun. SOGESTA stockait les données dans son système

⁷ Le Soleil, <http://www.lapresse.ca/le-soleil/actualites/science/200910/29/01-916423-espacebusca-tout-le-transport-collectif-a-un-clic-de-souris.php>, consulté le 28.03.16

⁸ Québec Hebdo, <http://www.quebechebdo.com/Communaute/2009-10-29/article-1579710/Espacebusca-une-facon-simplifiee-de-voyager-en-autocar/1>, consulté le 28.03.16

⁹ Nebbio (récemment acquis par Chalifour) <http://www.nebbio.net/realisations/association-des-proprietaires-autobus-du-quebec-apaq/#sthash.hRoU3uwK.dpuf>, consulté le 28.03.16

¹⁰ Article du groupe MADITUC, http://www.sti.polymtl.ca/articles/description.php?id_article=181 consulté le 28.03.16

d'information et réalisait les calculs de trajet. Les données ainsi traitées étaient rendues disponibles au public et affichées en ligne sur la plateforme développée par Nebbio, le site *EspaceBus*.

Ces données auraient pu constituer une première base de données historique de transport interurbain vraiment intéressante et riche. Cependant, elles n'ont pas été stockées ni conservées par l'APAQ. Les seules informations qui ont pu nous être transmises par la FTA sont des listes de terminus de plusieurs transporteurs, ainsi que certaines de leurs grilles tarifaires les plus récentes (2012 ou 2014 selon l'opérateur). Concernant les horaires, seuls ceux d'un unique transporteur étaient encore dans l'archive disponible.

2.4.3.2 Une industrie en crise

Depuis plusieurs années, le transport interurbain par autocar connaît de sérieuses difficultés au Québec. Le principe d'interfinancement n'est plus suffisant et les revenus générés par les lignes principales des grandes entreprises ne parviennent plus à financer leurs lignes locales peu rentables. Les transporteurs, qui enregistrent des baisses d'achalandage depuis plusieurs années, ont fait appel en 2014 et en 2015 à la CTQ afin de trouver des solutions pour pouvoir limiter leur déficit¹¹. Les constats dressés par Keolis Canada (2016) sont sans appel :

- « Un achalandage globalement en baisse depuis plusieurs années ;
- Une concurrence grandissante du rail et du covoiturage ;
- Un achalandage très réduit sur certaines routes, ne couvrant même plus les coûts directs de roulage ;
- Une activité devenue globalement déficitaire ;
- Un principe d'interfinancement qui ne tient plus ;
- Un transport non subventionné ;
- Une nécessité urgente de mettre en œuvre un plan de redressement ;
- Dépôt d'une demande à la CTQ de réingénierie du réseau Orléans Express ».

¹¹ <http://www.ledevoir.com/politique/villes-et-regions/419612/transport-interregional-a-la-croisee-des-chemins>, consulté le 10/07/2016

Parmi les solutions soumises à l’approbation de la CTQ, deux transporteurs, Maheux¹² et Intercar¹³ ont négocié des aides financières leur permettant de maintenir les circuits régionaux en Abitibi et au Saguenay.

L’entreprise Keolis, quant à elle, a obtenu l’autorisation de mettre en place un plan de redressement dès janvier 2015. Ce plan s’articule notamment autour de mesures comme la réduction des fréquences et la coupure de certaines lignes, la transformation des services en semi-express (les évolutions des lignes sont illustrées à la Figure 2.8), la collaboration avec les régions pour assurer la continuité du service, la maîtrise des coûts d’exploitation et une stratégie commerciale offensive basée sur de nouveaux media tels que la tarification dynamique et la vente de titres en ligne (Keolis Canada, 2016). Bien que l’entreprise reste en déficit en 2016, les résultats de ces mesures, présentés à la CTQ par Keolis en mars 2016, permettent de faire des constats positifs.

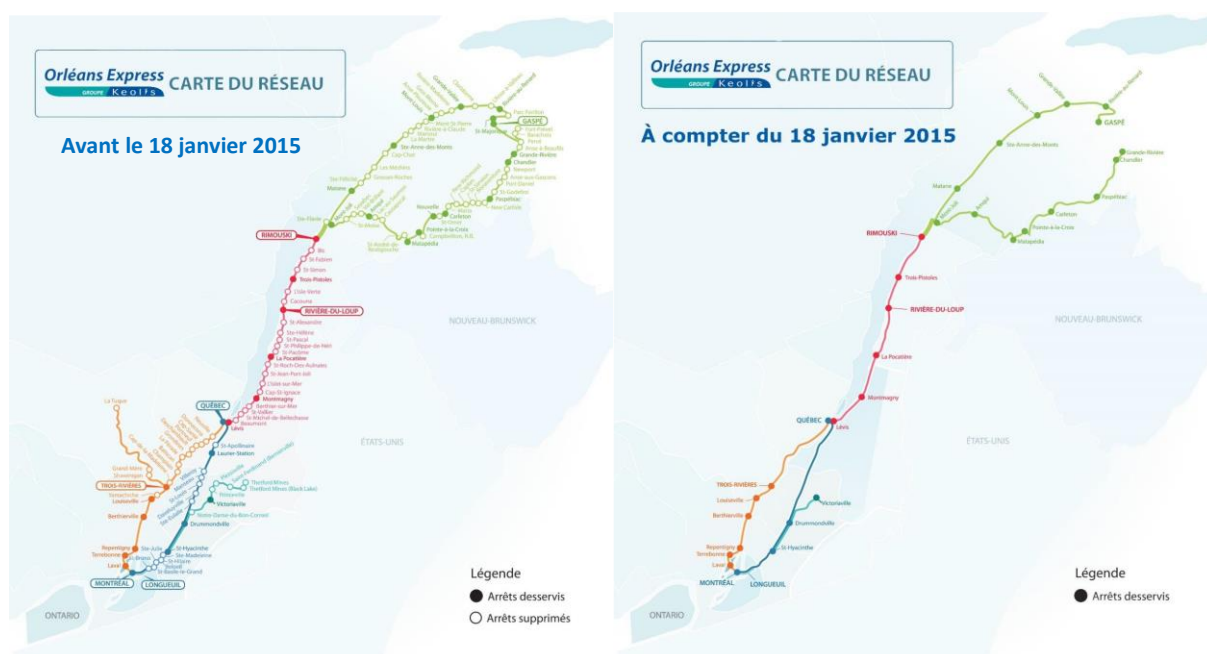


Figure 2.8 : Carte du réseau Orléans Express (Keolis) avant et après les coupures effectuées en janvier 2015 (Keolis Canada, 2016)

¹² <http://ici.radio-canada.ca/regions/abitiabi/2015/03/18/002-subvention-transport-interurbain-autobus-maheux-abitiabi-temiscamingue.shtml>, consulté le 10/07/2016

¹³ <http://www.lapresse.ca/le-quotidien/actualites/201409/24/01-4803187-intercar-reclame-une-aide-de-225-000-.php>, consulté le 10/07/2016

2.4.3.3 Projets liés aux nouvelles technologies et à la billettique

Cependant, loin de s'avouer vaincus, les transporteurs ont convenu qu'il était temps de mettre les nouvelles technologies au service de la billettique et de leur stratégie commerciale. En 2015, ils « ont adressé une demande spécifique d'aide financière au Ministère des Transports du Québec (MTQ) afin de pouvoir réaliser la mise en place des plateformes électroniques transactionnelles »¹⁴. Les projets, portés par chacun des transporteurs, ont abouti chacun à leur tour au cours des derniers mois :

- Keolis a lancé en janvier 2016¹⁵ une nouvelle plateforme commerciale (site web et application), ainsi qu'une stratégie de développement de nouveaux canaux de communication et un modèle de modulation tarifaire sur le corridor Montréal – Québec ;
- Maheux et Galland ont collaboré avec le même prestataire, ce qui leur a permis d'ouvrir des plateformes de réservation et de vente de billets en ligne en décembre 2015¹⁶ et en mars 2016¹⁷ ;
- Intercar a entièrement renouvelé son site web et y a intégré une plateforme commerciale, opérationnelle en juin 2016¹⁸ ;
- Transdev a ouvert une plateforme en avril 2016¹⁹.

Les résultats observés par exemple par Keolis Canada (2016) sont encourageants, puisque le transporteur a constaté une augmentation de l'achalandage de 11 % et une augmentation des revenus de 4 % au cours des quatre premières semaines de février 2016 pour le corridor Montréal – Québec.

¹⁴ <http://www.autobusmaheux.qc.ca/fr/nouvelles-generales/details.cfm?NouvelleID=53>, consulté le 15/02/2016

¹⁵ <http://www.newswire.ca/fr/news-releases/le-re-dinnovation-chez-keolis-canada-sofficialise-avec-le-devoilement-de-son-offre-tarifaire-modulee-564984151.html>, consulté le 10/07/2016

¹⁶ <http://www.autobusmaheux.qc.ca/fr/nouvelles-generales/details.cfm?NouvelleID=53>, consulté le 15/02/2016

¹⁷ <https://www.facebook.com/Autobus-Galland-211343432229819/>, consulté le 10/07/2016

¹⁸ <https://fr-ca.facebook.com/GroupeIntercar/>, consulté le 10/07/2016

¹⁹ <https://fr-ca.facebook.com/Limocar>, consulté le 10/07/2016

2.4.3.4 Actualités du transport interurbain au Québec

Parmi les autres évolutions de service qui ont été soumises récemment à la CTQ, on peut citer :

- la suppression de l’arrêt ski Mont Sutton²⁰ et le déplacement de la halte routière de la sortie 118 à 115 de l’autoroute 10²¹ pour Transdev ;
- la diminution de la fréquence entre Baie-Comeau et Québec²² et la demande de financement pour le tronçon Havre-Saint-Pierre – Sept-Îles²³ pour Intercar ;
- l’ajout des points de service en Gaspésie et la modification de certains horaires²⁴ pour l’été 2016 pour Keolis ;
- l’ouverture d’une nouvelle ligne reliant Val-d’Or à Chisasibi²⁵ (sur le territoire de Baie-Saint-James) ainsi que l’acquisition de la ligne Grands-Remous – Gatineau – Ottawa²⁶ (opérée précédemment par Greyhound) pour Maheux.

Ainsi, bien que la rentabilité financière des entreprises ne soit pas atteinte actuellement, l’industrie du transport interurbain par autocar au Québec ne manque pas de dynamisme et essaie de faire évoluer les choses. Une meilleure connaissance de ses atouts pourrait lui permettre d’avoir plus de poids auprès des décideurs. C’est pourquoi, le chapitre suivant présente une méthodologie de collecte d’informations, d’organisation des données d’offre et de développements d’indicateurs afin de caractériser et d’analyser le réseau et ses performances.

²⁰ http://www.lapresse.ca/la-voix-de-lest/actualites/en-region/201604/22/01-4974276-limocar-seul-larret-de-mont-sutton-disparaitra.php?utm_categorieinterne=traficdrivers&utm_contenuinterne=cyberpresse_B9_actualites_316_section_POS1, consulté le 10/07/2016

²¹ <http://www.lerefletdulac.com/Actualites/2016-06-01/article-4545268/Le-terminus-demenage-a-la-halte-routiere-de-lautoroute-10/1>, consulté le 10/07/2016

²² <http://www.lemanic.ca/intercar-veut-reduire-son-offre-de-service-vers-quebec/>, consulté le 10/07/2016

²³ <http://ici.radio-canada.ca/regions/est-quebec/2016/05/16/007-liaison-intercar-cote-nord.shtml>, consulté le 10/07/2016

²⁴ <http://www.newswire.ca/fr/news-releases/confirmation-des-demandes-de-changement-dhoraires-sur-lensemble-du-reseau-et-des-ajouts-de-points-de-service-en-gaspesie-au-3-juillet-2016-584086241.html>, consulté le 10/07/2016

²⁵ <http://ici.radio-canada.ca/regions/abitiibi/2016/06/01/004-autobus-maheux-liaison-chasibi-val-dor-baie-james-nord.shtml>, consulté le 10/07/2016

²⁶ <http://ici.radio-canada.ca/regions/abitiibi/2016/02/26/001-autobus-maheux-grand-remous-gatineau-ottawa.shtml>, consulté le 10/07/2016

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE

Dans le cas du transport interurbain par autocar au Québec, il n'existe actuellement aucune compilation généralisée de données. La collecte de données s'est donc faite directement à la source. Ainsi, chacun des six transporteurs partenaires de la recherche a été rencontré ou contacté pour établir le transfert des données actuelles et historiques dont il disposait. Par ailleurs, des informations issues des sites web des opérateurs sont venues compléter les données reçues. Le format de l'ensemble de ces données est présenté dans la première partie de ce chapitre.

La seconde partie est consacrée à l'organisation des données et au montage de la base de données selon le standard GTFS (introduit ci-avant dans la partie 2.3), après quelques traitements, corrections et adaptations qui ont été opérées et après validation des données.

La dernière étape, l'automatisation du procédé, n'a pas été réalisée. Son développement pourra constituer une évolution future de ce projet.

3.1 Format des données et défis liés aux données brutes

Le format des données transmises par les transporteurs est diversifié : il s'agit parfois de fichiers Excel, parfois de documents au format PDF ou Word. À cela s'ajoutent parfois des données extraites directement du site web du transporteur, qui se sont révélées quelques fois plus complètes et plus faciles à exploiter. La conversion et l'homogénéisation de ces différents formats de données a été complexe et la plupart du processus a été fait « à la main » faute de pouvoir être automatisée.

Le Tableau 3.1 suivant récapitule les principales données reçues de chacun des transporteurs, et le format dans lequel elles ont été fournies.

Tableau 3.1 : Tableau récapitulatif des données fournies par les transporteurs (réalisé par nos soins)

Opérateur	Horaires	Tarifs	Arrêts	Véhicules	Demande	Autres
Breton	actuel : 1er août 2015 (PDF)	2007-2016 (Excel)	Adresse (fiche horaire PDF), équipements (txt)	Modèle, marque et capacité	Achalandage mensuel 2006-2015 Achalandage quotidien 2011-2015	
Galland	actuel : 29 nov 2015 historique : 2008-2016 (Excel)	2008-2016 (Excel)	Adresse, coordonnées, équipements (Excel), services offerts (doc)	Modèle, marque, capacité, année de mise en circulation, nombre, affectation et équipements	Transactions 2008-2016	Sondage à la clientèle 2014 (BD Access) Distances interarrêts (Excel)
Intercar	actuel : 18 jan 2015 (site web)	2015-2016 (PDF tiré du site web)	Adresse, téléphone, revenus et système billettique (Excel)		Transactions 2002-2016	Rapports d'étudiants UQAR 2014 et UQAC 2015
Keolis (Orléans Express)	actuel : 25 oct 2015 (Excel) historique : 2013-2016 (Excel)	2011-2016 (Excel)	Adresse, raison d'affaire, téléphone, équipements (Excel)		Transactions 2015-2016	Distances interarrêts (Excel)
Maheux	actuel : 15 mars 2016 (Excel)	2011-2014 (PDF) 2015-2016 (Excel)	Coordonnées (Excel)	Modèle, marque, capacité, année de mise en circulation, date d'achat, coûtant, immatriculation, année de renouvellement, affectation	Transactions février 2016	
Transdev (Limocar)	actuel : 3 janvier 2015 et 6 juin 2015 (Excel)	2011-2015 (doc)	Coordonnées (Excel)	Modèle, marque, capacité, année de mise en circulation, affectation, kilométrage	Transactions 2015-2016	Chainages (Excel)

Les prochaines parties sont consacrées plus particulièrement aux différentes formes des données colligées et aux défis que ces données ont soulevés pour être adaptées à la codification choisie et aux normes du format GTFS.

3.1.1 Horaires

Le format des données horaires était toujours tel qu'on le retrouve dans les dépliants présentant l'offre qui sont remis aux utilisateurs. Ce format est illustré par la Figure 3.1. Il est inspiré d'un fichier réel. On y retrouve à gauche les arrêts, en haut les services et leur date de validité et au centre les heures de passage. Les principaux obstacles à l'automatisation sont représentés par des cercles.

	Service S1	Service S2	Service S3	Service S4	Service S5
Validité	LMMJVSD	SD	LVD	LMMJV	V
1 Arrêt A1		16h10	17h45	18h30	23h30
Arrêt A2 (arrivée)			17h50		
Arrêt A2 (départ)			18h00		3
Arrêt A3	16h15		18h45		00h15
2 Arrêt A4	16h30	17h00	19h05	19h25	00h35
Arrêt A5		Sur demande		Sur demande	
Arrêt A6	17h05	17h35		20h00	
Arrêt A7	17h15				
Arrêt A8	17h35	18h00	20h00	20h25	
Arrêt A9	17h55	1' 18h20			
Arrêt A10	18h05	18h30(18h35)	20h15	20h40	
Arrêt A11					01h15

Figure 3.1 : Exemple de format de données horaires (réalisé par nos soins)

Les défis de l'automatisation pour ce type de fichier proviennent tout d'abord de sa structure. En effet, les services ne passent pas obligatoirement par tous les arrêts, ce qui crée des discontinuités dans les données. De plus, plusieurs conventions peuvent être utilisées si l'horaire d'arrivée à un arrêt diffère de son horaire de départ (cas 1 et 1').

Dans le cas des arrêts sur demande (cas 2), l'horaire de passage à l'arrêt n'est pas toujours indiqué. Les arrêts sur demande peuvent être effectués sur requête d'un passager dans le véhicule (code embarquement / débarquement 3) ou par appel téléphonique préalable au départ (code embarquement / débarquement 2). Le format GTFS accepte les cases vides, mais cela complique beaucoup l'analyse au niveau des temps de parcours et des vitesses par exemple. Dans les faits, certains transporteurs ont indiqué, lors des entrevues, qu'ils peuvent adapter leur offre en fonction des demandes des clients. Ainsi, certaines municipalités n'apparaissent pas dans les horaires et sont desservies uniquement si un client en fait la demande.

Enfin, le format doit être de type HH:MM:SS, les heures étant au format 24h. Ainsi, lors de voyages se terminant le lendemain comme dans le cas 3 le format 12h est incorrect (e.g. 01h15), il faut plutôt utiliser la notation au format 24h (e.g. 25:15:00).

- *Défis relatifs au calendrier et à l'offre réelle (vs. offre planifiée)*

En ce qui concerne le calendrier, les périodes de validité (jours où le service est applicable) sont très différentes d'un transporteur à l'autre, certains ayant une offre constante toute la semaine et d'autres ayant des spécificités presque chaque jour, ce qui multiplie les périodes à prendre en compte dans le fichier calendrier.

Par ailleurs, l'offre change en cours d'année chez certains transporteurs, avec une offre d'été du 24 juin à début décembre et une offre d'hiver le reste de l'année.

Cependant, aucune variation ponctuelle pour des événements tels que des jours fériés ou les périodes de congé scolaire n'a été communiquée par les transporteurs. Certains changements de services sont cependant publiés ponctuellement sur les sites Internet des transporteurs, par exemple le 24 juin et le 1^{er} juillet. Ils ne sont pas pris en compte dans la base de données.

De plus, il existe quelquefois des différences assez importantes entre le service annoncé sur le papier et le service réalisé. Ces différences sont dues à la marge que se laissent probablement les transporteurs pour tenir compte du temps d'embarquement-débarquement ou des conditions de circulation. Cela peut être détecté dans les données en produisant et en analysant les vitesses moyennes par tronçon par exemple.

En outre, des voyages peuvent être ajoutés pour tenir compte de la demande réelle. De fait, d'après le Règlement sur le transport par autobus²⁷,

Section III, §1.24. « Lors d'un voyage, le titulaire d'un permis pour le service de transport urbain ou interurbain ne peut ajouter d'autobus que pour accommoder un surplus de passagers. »

Ainsi, dans le cas où le nombre de passagers excède la capacité du véhicule, le transporteur peut donc effectuer un doublage pour le voyage concerné. Mais, dans les faits, le nombre de doublages n'est pas prévisible et pas recensé de manière automatique. L'offre réelle peut donc être légèrement supérieure à l'offre décrite. Dans les faits, le transporteur est autorisé à accepter une personne debout par rangée de sièges de l'autocar. D'après les responsables rencontrés, cela n'arrive que rarement. Les pratiques diffèrent d'un transporteur à l'autre. Certains de ceux qui ont été rencontrés ont indiqué qu'ils avaient recours à cette possibilité à cause d'un fort nombre d'embarquements à un arrêt, qui se régulaient par la suite avec les débarquements qui avaient lieu aux arrêts suivants. Dans ce cas, les passagers n'étaient pas debout pendant la durée totale du voyage, mais généralement pour moins de trente minutes. Un autre transporteur, qui propose des départs chaque heure, a expliqué qu'il proposait systématiquement aux passagers supplémentaires d'embarquer dans le prochain véhicule, tout en leur offrant leur billet de retour. Un autre transporteur a déclaré affréter systématiquement un véhicule supplémentaire dans le cas où le nombre de voyageurs excédait la capacité du véhicule. Ce problème devrait disparaître avec l'utilisation des réservations électroniques, qui permet au transporteur de mieux prévoir ou de contrôler au besoin les ventes de titres.

3.1.2 Tarifs

Le format des tarifs est très diversifié. En effet, certains prix étaient indiqués hors taxes tandis que d'autres incluaient les taxes (quelquefois les deux étaient indiqués). Par ailleurs, les tarifs varient en fonction de la catégorie d'utilisateur. Généralement, il y a un tarif régulier adulte, un tarif aîné pour

²⁷ Règlement sur le transport par autobus, http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/T_1_2/T12R16.HTM, consulté le 28.03.16

les plus de 60 ans, un tarif étudiant (pour les 13-17 ans et les détenteurs d'une carte d'étudiant à plein temps), un tarif enfant (pour les moins de 12 ans) et quelquefois un autre tarif pour les moins de 5 ans. Les étudiants et les plus de 60 ans sont parfois rassemblés en une seule catégorie à tarif réduit.

Les transporteurs ont ensuite chacun leur spécificité au niveau des tarifs, ils appliquent généralement différents pourcentages pour calculer les tarifs réduits à partir du tarif régulier. De plus, il peut y avoir des rabais en fonction des conditions d'achat (- 15 % sur un billet acheté le jour même, - 20 % sur un aller-retour par rapport à un aller simple), en fonction de l'âge (gratuit pour les moins de 5 ans s'ils n'utilisent pas un siège), ou selon certains forfaits proposés (forfait ski, tarifs étudiant à prix cassés pour un nombre de places restreint ou pour une origine-destination spécifique).

En outre, plusieurs projets concernant le système tarifaire et billettique ont été mis en place en 2016. Cinq des six transporteurs se sont en effet équipés de systèmes de réservation et d'achat de billets en ligne, que ce soit directement sur leur site Internet, sur une application mobile ou à l'aide d'une plateforme de transaction électronique. Ces changements permettent de toucher plus facilement la clientèle qui est à l'aise avec les technologies numériques. Cette évolution a également permis le lancement d'une offre tarifaire modulée en temps réel en fonction de la demande sur le corridor Montréal-Québec²⁸.

²⁸ Article *Orléans Express dévoile une nouvelle offre tarifaire modulée*, publié le 13 janvier 2016, Le Courrier du Sud, <http://www.lecourrierdusud.ca/actualites/2016/1/13/orleans-express-devoile-une-nouvelle-offre-tarifaire-modulee.html>, consulté le 24.05.16

ORIGINE	DESIGNATION	80-84	85-89	90-94	95-99	2000-2004	2005-2009	2010-2014
Rouge	Beauvilliers	88.80	142.25	75.55	129.38	75.55	129.38	53.95
Rouge	Cayrols	25.88	48.88	24.25	34.88	24.25	34.88	14.88
Rouge	Cladieu	36.85	58.95	35.88	58.18	35.88	58.18	22.18
Rouge	Dromedaire	48.88	132.15	37.28	112.38	37.28	112.38	48.95
Rouge	Genès	45.55	72.28	35.28	58.18	35.28	58.18	47.55
Rouge	Grande-Rivière	36.85	58.95	35.88	58.18	35.88	58.18	22.18
Rouge	Grande-Vallée	36.85	58.95	35.88	58.18	35.88	58.18	22.18
Rouge	La Pazellière	36.85	81.45	35.25	53.28	35.25	53.28	38.55
Rouge	Luzal	191.48	162.25	88.28	197.38	88.28	197.38	184.85
Rouge	Lez	52.75	108.48	48.85	93.38	48.85	93.38	52.75
Rouge	Louvacell	35.18	152.45	88.55	123.95	88.55	123.95	57.85
Rouge	Louvière	88.80	142.25	75.55	129.38	75.55	129.38	53.95
Rouge	Malzac	36.85	92.18	37.85	27.38	37.85	27.38	42.85
Rouge	Malzéville	14.28	22.78	12.85	19.38	12.85	19.38	8.58
Rouge	Mail-Fall	14.28	22.78	12.85	19.38	12.85	19.38	8.58
Rouge	Mail-Lal	33.85	52.58	28.18	44.35	28.18	44.35	19.35
Rouge	Maulmaucq	56.75	58.88	48.25	77.28	48.25	77.28	54.58
Rouge	Maulfal	35.18	152.45	88.55	123.95	88.55	123.95	57.85
Rouge	Maulfal-Béraye	119.18	176.15	93.68	143.95	93.68	143.95	105.78
Rouge	Peuphère	25.88	48.88	24.25	34.88	24.25	34.88	14.88
Rouge	Peuphère-St-Croix	24.65	53.45	23.68	35.85	23.68	35.85	23.78
Rouge	Quesque/Casteln	78.85	112.18	35.55	35.38	35.55	35.38	42.85
Rouge	Quesque/Saint-P	78.85	112.18	35.55	35.38	35.55	35.38	42.85
Rouge	Roparlec	35.18	152.45	88.55	123.95	88.55	123.95	57.85
Rouge	Roussac	36.85	49.95	25.38	41.38	25.38	41.38	19.58
Rouge	Roussac-Orfèvre	48.88	52.38	38.28	42.38	38.28	42.38	43.68
Rouge	Saint-André-lez	45.75	79.28	38.38	52.35	38.38	52.25	27.45
Rouge	Saint-Basende	23.78	47.58	25.25	48.48	25.25	48.48	17.88
Rouge	Saint-Maximilien	88.80	142.25	75.55	129.38	75.55	129.38	53.95
Rouge	Terrénac	181.48	162.25	88.28	197.38	88.28	197.38	184.85
Rouge	Tour-Picardie	38.48	54.45	35.35	52.75	35.35	52.75	48.85
Rouge	Tour-Rivière	82.18	132.45	78.28	112.38	78.28	112.38	43.55
Beauvilliers Rouge		88.80	142.25	75.55	129.38	75.55	129.38	53.95
Beauvilliers Rouge		88.85	178.55	58.55	145.85	58.55	145.85	84.48
Beauvilliers Rouge		119.18	148.48	36.48	154.25	36.48	154.25	108.38
Beauvilliers Rouge		191.48	198.28	35.28	157.75	35.25	155.75	188.85
Beauvilliers Rouge		194.58	193.28	35.38	157.75	35.35	155.75	192.78
Beauvilliers Rouge-Vallée		188.38	176.58	35.28	168.88	35.75	168.88	185.38
Beauvilliers La Pazellière		56.75	58.88	48.25	77.28	48.25	77.28	54.58
Beauvilliers Luzal		36.85	81.45	35.65	52.25	35.65	52.25	29.85
Beauvilliers Mail-Fall		19.78	17.48	31.85	14.35	31.85	14.25	8.48
Beauvilliers Mail-Lal		88.80	142.25	75.55	129.38	75.55	129.38	53.95
Beauvilliers Maul-Fall		82.18	132.45	78.28	112.38	78.28	112.38	43.55
Beauvilliers Maul-Lal		186.55	178.55	58.55	145.85	58.55	145.85	84.48
Beauvilliers Maulmaucq		45.75	79.28	38.38	52.35	38.38	52.25	27.45

Figure 3.2 : Aperçu du format de deux types de grilles tarifaires (réalisé par nos soins)

Sur la Figure 3.2 sont représentés les deux grands types de grilles horaires. À gauche, la grille est de type matrice : chaque bloc de lignes correspond à un arrêt d'origine, chaque ligne détaille une catégorie d'utilisateur (régulier, senior (Club 60), étudiant ou enfant) et chaque colonne correspond à un arrêt d'arrivée. À droite, la grille est de type tableau : chaque ligne correspond à une paire origine-destination, l'arrêt d'origine se trouvant dans la première colonne, l'arrêt de destination dans la seconde et les suivantes correspondent aux différentes catégories d'utilisateurs. Dans cette grille, les tarifs aller simple et aller-retour sont différenciés.

Pour la suite du travail, seul le tarif régulier pour un aller simple hors taxes a été considéré, car il s'agit du tarif le plus élevé.

Deux tables relatives à la tarification, *fare_rules* et *fare_attributes*, ont été intégrées au GTFS. Pour coder une tarification, le format GTFS utilise deux types d'objets :

- soit la ligne : un tarif est donc associé à l'intégralité des parcours effectués sur une certaine ligne,

- soit la zone : le tarif étant appliqué pour une zone d'origine, une zone d'arrivée ou une zone traversée (les zones sont précisées dans le fichier d'arrêts, ce sont des attributs des arrêts).

Or, dans la réalité du transport interurbain, ce sont les paires origine-destination qui sont utilisées dans la tarification. Ainsi, la seule façon possible pour intégrer de façon directe les données tarifaires des transporteurs dans le fichier GTFS était de créer une zone pour chaque arrêt et un tarif entre chacune des zones.

3.1.3 Arrêts et aménagements aux arrêts

La localisation des arrêts peut être indiquée de trois façons : uniquement le nom de la municipalité desservie, l'adresse de l'arrêt ou les coordonnées de l'arrêt au format latitude et longitude (WGS84). Le défi était donc de géolocaliser précisément les deux premiers types d'arrêts. Pour cela, un géocodeur a été utilisé. Il s'agit d'un fichier Excel muni d'une macro permettant d'effectuer automatiquement la recherche de l'adresse sur le site Google Maps (tiré d'un exemple de programmation sur le web²⁹). Une vérification point par point a ensuite été nécessaire, car le géocodeur plaçait généralement les points au centre de gravité de la municipalité ou à la mairie, ce qui créait quelques détours. Pour les terminus ou les gares utilisées par plusieurs transporteurs et pour lesquels des coordonnées différentes (de l'ordre d'une cinquantaine de mètres de différence) avaient été fournies, le choix s'est fait par visualisation sur Google Maps et en procédant par choix logique.

Une des hypothèses majeures retenue pour l'identification et la localisation des arrêts est que l'arrêt est situé au même endroit à l'aller et au retour. Si l'arrêt est un terminus ou un dépanneur par exemple, l'hypothèse est vérifiée, mais dans le cas de bandes d'arrêts ou de points d'arrêts sur le bas-côté de la route, il est impératif de garder en mémoire que la localisation n'est alors qu'indicative.

Les informations sur le type d'arrêt et les services présents dépendent des transporteurs. Le Tableau 3.2 donne un exemple des informations fournies par différents transporteurs concernant la gare

²⁹ <http://policeanalyst.com/using-the-google-geocoding-api-in-excel/>

d'autocars de Montréal. On notera que le niveau de précision varie beaucoup pour la description des équipements et que si les adresses postales sont les mêmes, les coordonnées sont différentes.

Tableau 3.2 (A, B, C et D) : Informations sur l'arrêt "Gare d'autocars de Montréal" fournies dans les données brutes pour quatre transporteurs (réalisé par nos soins)

Tableau 20 A

Ville	Point de vente	Type d'équipement
Montréal	Gare d'Autocars de Montréal Terminus 1717 Berri Montréal H2L 4E9 (514)843-4231	Guichet automatiques Restaurants Toilettes Casiers Location voiture Transport en commun Billetterie

Tableau 20 B

Arrêt	Latitude	Longitude	Agence	Latitude	Longitude
Montréal	45.501918	-73.566921	Gare d'autocars de Montréal	45.517102	-73.563729

Tableau 20 C

Stations	State/ Province	Type	Zone	Time zone diff	Latitude	Longitude	Order	Enabled	Created
Montréal	QC		1		45.31016	73.334975			27/10/2015

Tableau 20 D

Municipalité	Raison d'affaire		Adresse			Téléphone			Caractéristiques		
Montréal	Gare d'autocars de Montréal		1717, rue Berri			(514) 842-2281			*		
Caractéristiques	Toilettes	Transfert possible (interurbain ou local)	Nourriture	Billetterie	Type	Toilettes2	Info Touristiques	Guichet Automatique	Casiers	Location de voiture	Motel
*	X	X	X	X	Terminus	X		X	X	X	

Dans certains cas, les transporteurs ne sont pas autorisés à embarquer des passagers à proximité immédiate de Montréal afin de ne pas faire de concurrence au transport local urbain ou ferroviaire.

L'embarquement est interdit, mais le débarquement est autorisé (code embarquement 1 et code débarquement 0). Lorsque cet arrêt est situé en bordure de trottoir, le transporteur peut interdire aux passagers débarquant à cet arrêt d'avoir des bagages en soute, afin de limiter le temps de débarquement.

3.1.4 Kilométrages et temps de parcours

La distance séparant chacun des arrêts desservis successivement a été calculée à l'aide du calculateur développé par la Chaire Mobilité, qui calcule le plus court chemin entre une origine et une destination sur le réseau routier. Le calculateur renvoie non seulement la distance, mais aussi le temps de parcours en minutes et l'itinéraire complet entre les points, au format standardisé WKT « LINESTRING($y_1 \ x_1, y_2 \ x_2, \dots, y_n \ x_n$) », qui permet l'affichage sur des logiciels de système d'information géographique tels que QGIS, qui a été utilisé pour ce travail.

L'hypothèse est donc posée que le voyage effectué par les transporteurs suit le trajet le plus court. Conséquemment, une des limites des données de distances utilisées réside dans le fait que les bus ne passent peut-être pas par ce chemin optimal. Un autre chemin peut être choisi à cause de contraintes techniques telles que l'angle de giration, le poids maximal supporté par la chaussée ou par une infrastructure, ou encore la hauteur sous certains ponts. Une autre limite possible vient des données elles-mêmes, en particulier les arrêts sur demande et les bandes d'arrêt. En effet, dans le cas d'arrêts de ce type, il est possible que le véhicule effectue l'arrêt à un endroit différent de celui (ponctuel) indiqué dans la codification. Dans ce cas, les distances et les temps de parcours entre les arrêts ne sont pas tout à fait exacts.

Le temps de parcours a donc été calculé deux fois, l'une à l'aide du calculateur et l'autre en retranchant simplement l'heure de départ à l'heure d'arrivée. On trouve des différences entre ces temps, car la vitesse utilisée par le calculateur est la vitesse maximale autorisée et en réalité, les véhicules peuvent circuler à des vitesses inférieures à cause de leur gabarit.

Il y a deux sources d'imprécision dans les données expliquant les écarts entre les durées calculées par le calculateur et celles calculées à partir des horaires. La première vient du fait que, dans les horaires, le temps d'embarquement-débarquement n'est généralement pas indiqué et qu'il vient donc s'ajouter au temps de parcours à strictement parler. La seconde est due au fait que, dans les

horaires, le temps de parcours varie en fonction des voyages, pour tenir compte notamment des conditions de circulation, tandis que le calculateur donne une valeur unique.

3.1.5 Renseignements sur les véhicules

Les renseignements collectés à propos des véhicules sont leur nombre, leur capacité, leur marque et leur modèle, leur année de première mise en circulation et leur affectation si elle est spécifique à une ligne en particulier. Par ailleurs, l'information sur le kilométrage, la présence d'équipements adaptés pour le transport de personnes à mobilité réduite, la date d'achat et l'année de futur renouvellement ainsi que la valeur du véhicule étaient parfois également transmises. Un transporteur a également énuméré les équipements embarqués, par exemple :

« Équipements pour tous les véhicules de 56 passagers : Lampes de lectures individuelles, sièges avec dossiers inclinables, air conditionné, toilette, micro, système vidéo en circuit fermé, système de radio et disque compact, compartiments à bagages intérieurs et extérieurs, fenêtres panoramiques ».

Cependant, comme tous les transporteurs n'ont pas transmis les renseignements concernant leur flotte de véhicules, il a été supposé que la capacité des véhicules non renseignés est de 56 passagers. De même, lorsque l'affectation n'était pas précisée, le calcul des places-km a été réalisé en considérant une répartition aléatoire des véhicules sur les lignes.

3.1.6 Branchement des réseaux locaux

Les transporteurs ont été interrogés pour savoir s'ils collaboraient avec des systèmes de transport locaux, pour la coordination des services notamment. Deux d'entre eux ont indiqué ne pas collaborer directement avec les opérateurs des réseaux locaux. Trois autres ont indiqué travailler avec les agences listées dans le Tableau 3.3.

Tableau 3.3 : Liste des réseaux locaux avec lesquels des transporteurs interurbains collaborent³⁰
(réalisé par nos soins)

MRC de Rouyn-Noranda (Transport le Nomade)	Autobus La Québécoise	RÉGÎM (Régie intermunicipale de transport Gaspésie Îles-de-la- Madeleine)
MRC de la Vallée de L'Or (Taxi bus et Transport Collectif Malartic)	CIT Sorel- Varennnes	MRC Maskinongé
MRC de l'Abitibi Ouest (Transport Coup de pouce)	Greyhound	MRC l'Islet
CLD Abitibi (Max + Transport Collectif)	Ontario Northland	Transport collectif du Haut St- Maurice
Ville de Chapais (Chapais Ligne Verte)		

Afin de pouvoir vérifier si les horaires étaient coordonnés, les données GTFS de toutes les agences qui les fournissent en libre accès ont été récupérées. La liste desdites agences est présentée dans le Tableau 3.4. On constate qu'une seule agence collaborant avec les transporteurs interurbains dispose de GTFS en libre accès, le CIT Sorel-Varennnes.

Tableau 3.4 : Liste des agences locales dont les données GTFS sont accessibles directement en ligne³¹ (réalisé par nos soins)

Réseaux urbains et métropolitain	Réseaux locaux	
Agence Métropolitaine des Transports	CIT Chambly- Richelieu-Carignan	CIT Sud-Ouest
Société des Transports de Montréal	CIT des Laurentides	CIT Vallée-du-Richelieu
Réseau de Transport de Longueuil	CIT La Presqu'Île	CRT Lanaudière
Société des Transports de Laval	CIT du Haut-Saint- Laurent	MRC de Deux- Montagnes
Réseau de Transport de la Capitale	CIT Le Richelain	MRC de L'Assomption
Société des Transports de Sherbrooke	CIT Roussillon	MRC Les Moulins
Société des Transports de l'Outaouais	CIT Sorel-Varennnes	Ville de Sainte-Julie

On notera que parmi tous les réseaux locaux québécois dont les données sont disponibles en libre accès, seul le CIT Sorel-Varennnes fait partie de ceux avec lesquels un des transporteurs collabore.

³⁰ MRC - Municipalité Régionale de Comté ; CIT - Conseil Intermunicipal de Transport ; CLD – Centre Local de Développement

³¹ Transit Feeds, <http://transitfeeds.com/p/agence-metropolitaine-de-transport>, consulté le 03.05.16

Par ailleurs, un des transporteurs collabore avec une agence de taxi pour offrir un service entre plusieurs municipalités et un parking-relais situé stratégiquement au bord de l'autoroute (Autoparc 74). Les horaires d'opération de ce service sont synchronisés avec le passage des autocars, ce qui permet aux passagers de bénéficier d'un tarif privilégié, de correspondances facilitées et d'une desserte plus locale. Concrètement, ces services ont été retirés de la base de données, car ils venaient gonfler artificiellement les nombres de véhicules-kilomètres et de places-kilomètres alors qu'ils ne sont pas opérés directement par le transporteur.

3.2 Montage de la base de données de travail

Afin d'obtenir des données comparables, il a été décidé d'adopter une convention pour la création de la base de données qui rassemblerait les données de tous les transporteurs. Cette convention est le GTFS, qui a été présenté dans la partie 2.3.

3.2.1 Structure des données

Ainsi, parmi toutes les tables que peut contenir un GTFS, seules les six tables obligatoires ont été renseignées : *agency*, *routes*, *trips*, *stop_times*, *stops*, *fare_attributes*, *fare_rules* et *calendar*. Elles sont organisées selon la structure illustrée par la Figure 3.3.

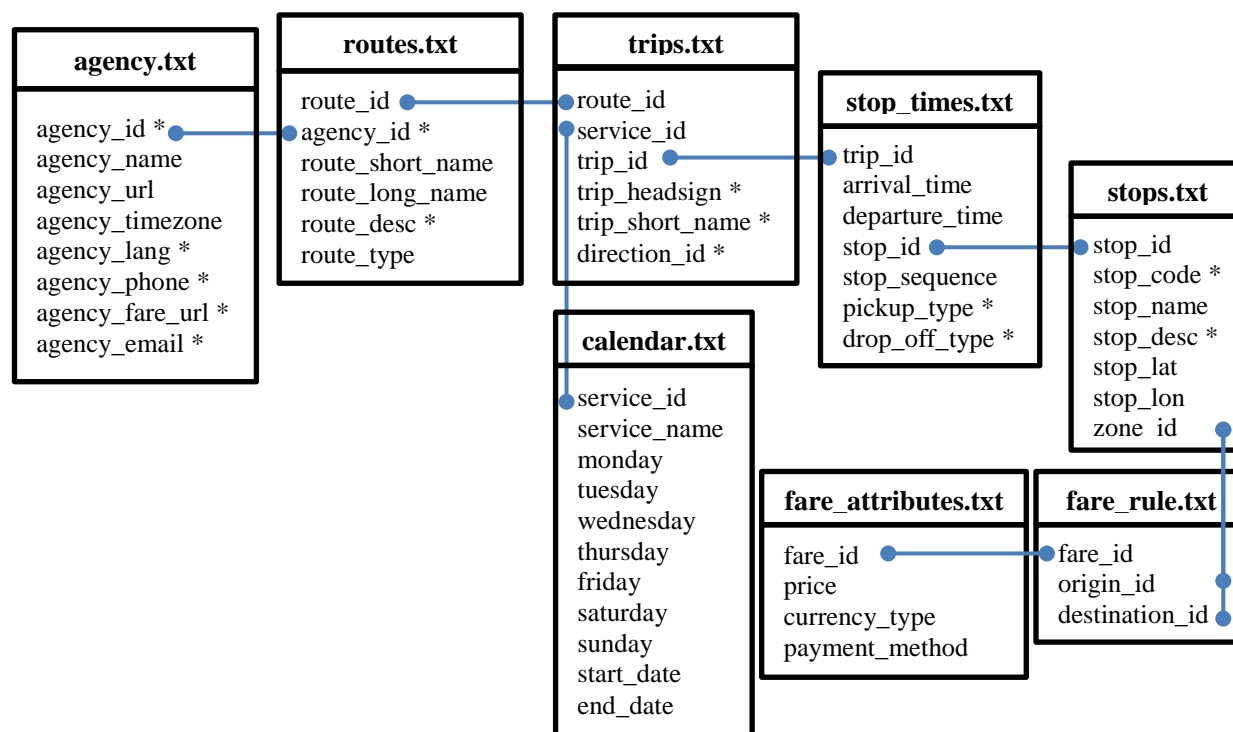


Figure 3.3 : Structure des fichiers GTFS et des champs retenus pour la codification (réalisé par nos soins)

3.2.2 Codification choisie et appliquée

Étant donné qu’aucune codification commune n’existait pour les six transporteurs partenaires de ce travail de recherche, des règles ont été établies afin de faciliter la reproduction et la compréhension de la base de données créée. Il faut comprendre que la plupart des choix exposés sont arbitraires et basés sur le bon sens et sur une expérience toute relative en la matière. En effet, la codification a évolué au fil de l’ajout de données dans la base de données et au fur et à mesure que différents cas problématiques se présentaient. Elle pourra donc être modifiée en fonction de l’évolution future des données et des besoins. Le détail des codes adoptés est développé dans l’Annexe A.

3.2.3 Validation des GTFS

L’outil de vérification *FeedValidator* présenté en 2.3.2.1 permet, à partir des données d’un réseau sous format GTFS, de vérifier qu’il n’y a pas d’incohérence dans ce qui a été codé. Il est utilisable

directement, il suffit de saisir l'adresse du dossier contenant les fichiers GTFS à analyser dans une ligne de commande pour lancer le processus. Les résultats sont ensuite affichés sur une page web.

FeedValidator a donc été utilisé avec le flux de données GTFS codé précédemment afin de s'assurer de la vraisemblance des données et de la compatibilité du format créé.

Un exemple de retour produit par le programme est reproduit dans l'Annexe B. Il a été réalisé à partir de l'un des tous premiers ensembles de fichiers GTFS produits. Il a été retenu, car, à ce moment-là, il y avait beaucoup d'erreurs dans la codification, ce qui illustre les différents types d'erreurs détectés par le programme. Ces problèmes et avertissements sont relatifs :

- au format des fichiers en eux-mêmes : syntaxe csv, colonnes manquantes, colonnes supplémentaires non reconnues, nombre de cellules trop important, ligne de titre manquante ;
- à des erreurs de codification des données : identifiants dupliqués, valeurs invalides pour cause de cases vides, arrêts inutilisés (car ils n'étaient plus en service ou à cause d'un oubli du transporteur de fournir les données pour toute une partie du réseau) ;
- à l'analyse des valeurs : vitesses trop importantes entre deux arrêts, horaires d'arrivée antérieurs aux horaires de départ pour plusieurs voyages (il s'agissait d'arrêts dont la séquence était inversée lors de certains voyages).

Cet outil est donc très utile pour vérifier non seulement la structure, mais aussi la cohérence des données des fichiers constitutifs du GTFS.

3.3 Définition des concepts et du vocabulaire utilisés

Cette partie vise à définir le vocabulaire qui sera utilisé dans la suite du mémoire, afin d'éviter de multiplier les termes. Dans un souci de clarté, ils sont présentés sous la forme d'un tableau, et illustrés par la Figure 3.4.

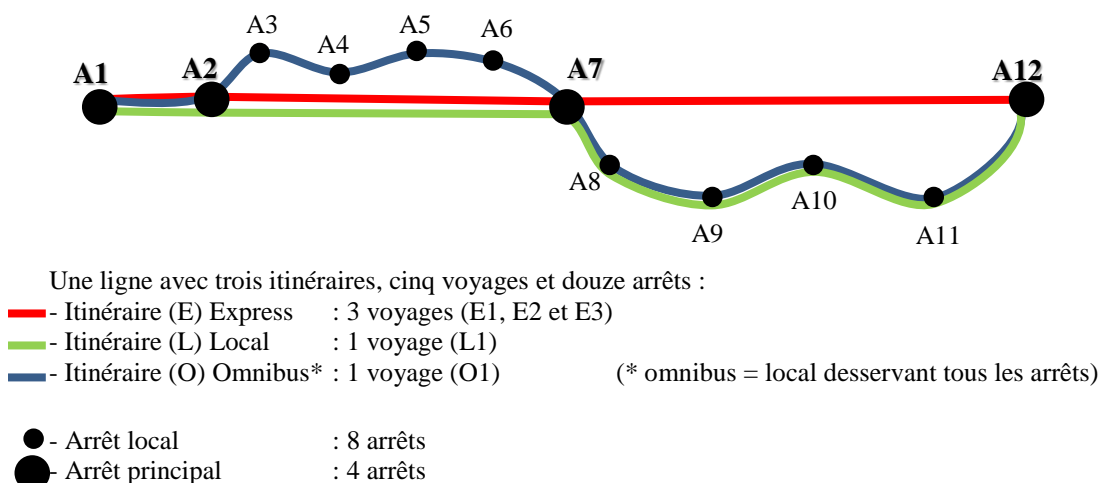
Tableau 3.5 : Lexique des concepts et du vocabulaire retenu (réalisé par nos soins)

Ligne	Paire origine-destination reliée par un ou plusieurs itinéraires
Itinéraire	Séquence d'arrêts fixe

Tableau 3.5 : Lexique des concepts et du vocabulaire retenu (réalisé par nos soins) [suite]

Voyage	Variante orientée d'une ligne, définie par un itinéraire qui lui est propre et une heure de départ
Arrêt	Endroit desservi par un transporteur, où s'effectue l'embarquement et/ou le débarquement des passagers
Tronçon	Portion de l'itinéraire compris entre deux arrêts et définie par ces deux arrêts
Transporteur	Entreprise qui opère un service de transport et s'engage à assurer le déplacement de personnes en vertu d'un permis de transport interurbain (inspiré de (Portail Québec - Services Québec, 2016))
Parcours « express »	Itinéraire ne reliant que les arrêts principaux d'une ligne, dont la distance et le temps de parcours sont généralement plus courts que ceux d'une ligne locale, laquelle dessert également les municipalités de taille plus faible (inspiré de (Blais & Québec Province, 2000))
Réseau routier principal	<p>« Réseau qui relie entre elles les principales agglomérations. » (Blais & Québec Province, 2000)</p> <p>Les types de routes retenues dans cette catégorie sont « autoroute », « régionale » et « nationale » parmi la classification utilisée dans les couches d'information géographiques Adresses Québec Réseau+ (reseau_routier.shp)³².</p>
Réseau secondaire	<p>« Réseau dont les lignes desservent l'intérieur d'une région et permettent des liaisons avec le réseau de base. » (Blais & Québec Province, 2000)</p> <p>Les types de routes retenues dans cette catégorie sont le réseau principal (« autoroute », « régionale » et « nationale ») et les « artères » et « collectrices municipales ».</p>

³² Adresses Québec, Réseau Plus, <http://adressesquebec.gouv.qc.ca/aqreseauPlus.asp>, téléchargé le 14/06/2016



Voyage	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	Durée totale
E1	08:30	08:40					08:50					09:10	40 min
O1	09:00	09:10	09:12	09:13	09:16	09:22	09:25	09:30	09:34	09:40	09:46	09:55	55 min
E2	12:00	12:10					12:20					12:40	40 min
E3	16:15	16:25					16:35					16:55	40 min
L1	19:30	19:40					19:50	19:55	19:59	20:05	20:11	20:20	50 min

Figure 3.4 : Schéma d'illustration des concepts (réalisé par nos soins)

3.4 Conditions d'applicabilité des indicateurs au contexte interurbain

De nombreux indicateurs ont été décrits dans la revue de littérature. Certains de ceux-ci seront formalisés et estimés à l'aide des données reçues des transporteurs. Cependant, d'autres ne peuvent pas être développés dans cette étude, en raison de difficultés d'adaptation au contexte du transport interurbain ou de données incomplètes ou manquantes. Le Tableau 3.6 reprend l'ensemble des indicateurs évoqués dans la revue de littérature et évalue s'ils sont applicables ou non aux données disponibles.

Tableau 3.6 : Synthèse des indicateurs qualifiant une offre de transport en commun et de leur applicabilité au contexte interurbain (réalisé par nos soins)

"Catégorie"	Indicateur	Applicabilité
Réseau	Longueur du réseau	retenu
	Longueur totale des lignes	retenu
	Nombre de véhicules-kilomètres commerciaux	retenu
	Nombre de véhicules-heures commerciaux	retenu
	Productivité : véh-km/h ou km/véh-h	retenu
	Achalandage annuel par véhicule et par arrêt	les indicateurs liés à la fréquentation et donc à la demande ne sont pas calculés dans cette étude.
	Nombre moyen de passagers-km par véhicule-km	
	Nombre moyen de kilomètres par passager	
	Nombre de passagers par véhicule-heure	
Lignes	Longueur de la ligne (en opération)	retenu
	Temps de parcours (en opération)	retenu
	Vitesse commerciale de la ligne	retenu
	Degré de détour du voyage (=tortuosité ou directitude)	retenu
	Efficacité du voyage	retenu
	Pourcentage de kilomètres perdus	données non disponibles
Arrêts	Nombre d'arrêts desservis (réseau ou par ligne)	retenu
	Ratio du nombre d'arrêts sur la longueur d'une ligne	retenu
	Distance moyenne entre deux arrêts	retenu
	Nombre de passages-arrêt pour un intervalle de temps fixé	retenu
	Degré de flexibilité des arrêts : (bandes d'arrêt et sur demande)	difficile à appliquer à l'échelle du réseau
Véhicules	Nombre de véhicules par type / pour 1 000 personnes	données incomplètes
	Âge moyen du parc	données incomplètes
	Capacité véhiculaire hebdomadaire	retenu
	Capacité moyenne des autobus et pourcentage de la capacité assise	retenu
	Consommation moyenne d'un véhicule	données incomplètes
	Pourcentage de véhicules utilisés en heure de pointe seulement	données non disponibles

Tableau 3.6 : Synthèse des indicateurs qualifiant une offre de transport en commun et de leur applicabilité au contexte interurbain (réalisé par nos soins) [suite]

Coûts et performance d'opération	Coûts d'opération	données non disponibles
	Revenus	données non disponibles
	Ratio de viabilité financière	données non disponibles
	Dépense d'investissement annuelle par habitant	données non disponibles
	Budget transport par déplacement	données non disponibles
	Dépense d'exploitation par déplacement	données non disponibles
	Amplitude horaire	retenu
Niveau de service	Fréquence des services (> hebdomadaire nécessaire en interurbain)	retenu
	Indicateur d'accessibilité du service (SAI) pour une zone déterminée	difficile à appliquer : délimitation des zones
	Nombre de mouvements hebdomadaires (départs et arrivées)	retenu
	Nombre de doublages prévisibles	données non disponibles
	Variabilité saisonnière de l'offre	retenu
	Nombre de véhicules-heures de retard	données non disponibles
	Retard moyen annuel par véhicule-kilomètre réalisé	données non disponibles
Tarification	Durée moyenne d'embarquement-débarquement aux arrêts (min)	données incomplètes
	Coût d'utilisation en fonction du profil du passager (coût/km ou coût/h)	retenu
	Niveau de tarification : tarif moyen par passager-km ou par embarquement	données incomplètes
	Ratio de coût de voyage autocar-voiture	retenu
Coût généralisé	Évolution annuelle des tarifs des titres de transport	l'analyse historique n'est pas traitée ici
	Coût généralisé	difficile : estimation de la valeur du temps
Correspondances	Facteur d'immobilité	données non disponibles
	Temps moyen de correspondance	données non disponibles
Qual. service	Variabilité du temps de correspondance moyen	données non disponibles
	Type de support des horaires et tarifs	difficile à appliquer
Information Voyageurs	Facilité d'accès et de lecture de l'information	difficile à appliquer
	Fréquence de mise à jour	difficile à appliquer
	Existence d'un service d'information aux voyageurs en temps réel	difficile à appliquer

Tableau 3.6 : Synthèse des indicateurs qualifiant une offre de transport en commun et de leur applicabilité au contexte interurbain (réalisé par nos soins) [suite]

Satisfaction utilisateurs	Taux de satisfaction des passagers	données incomplètes
	Temps de traitement des demandes et des plaintes des utilisateurs	données non disponibles
	Temps de retard moyen des véhicules	données non disponibles
	Part de départs effectués dans l'intervalle de tolérance pour le retard	données non disponibles
	Taux de kilomètres (ou de services) prévus, mais non réalisés	données non disponibles
Sécurité et sûreté	Taux d'accidents véhicules	données non disponibles
	Accidents passagers	données non disponibles
	Réparations et remorquages	données non disponibles
	Blessures graves et décès en correspondance	données non disponibles
	Nombre de réclamations au motif des incidents	données non disponibles
	Accidents du travail	données non disponibles
	Équipements des véhicules	données incomplètes
Confort	Pénibilité du transport	non applicable au transport interurbain
Acc. univ.	Accessibilité universelle : part des arrêts aménagés	données non disponibles
Qualité environnementale	Émissions de gaz à effet de serre et de particules fines	données non disponibles
	Part des voyages réalisés dans des véhicules « propres »	données non disponibles
	Répartition du parc de véhicules « propres »	données non disponibles
	Efficacité énergétique d'un mode	données non disponibles
	Énergie moyenne utilisée par un mode	données non disponibles
	Productivité énergétique	données non disponibles
	Indicateur de synthèse coût-qualité	données incomplètes : tous les indicateurs ne peuvent pas être calculés
	Accessibilité gravitaire à l'emploi pour une zone i	difficile à appliquer : délimitation des zones
	Accessibilité rurale à une infrastructure de transport	données non disponibles
Accessibilité socio-démo.	Service à la communauté rurale	données non disponibles
	Service aux personnes à revenu faible	données non disponibles

Tableau 3.6 : Synthèse des indicateurs qualifiant une offre de transport en commun et de leur applicabilité au contexte interurbain (réalisé par nos soins) [suite]

Accessibilité spatiale et temporelle	Pourcentage de la surface accessible	retenu
	Taux de desserte réelle	difficile à appliquer : la délimitation des zones est problématique en interurbain
	Densité de passages-arrêt par zone (passages-arrêt/km ²)	
	Ratio de passages-arrêt par personne	
Opportunités	Degré de connectivité (%)	retenu
	Opportunités-arrêt pour une heure choisie	retenu
	Nombre d'opportunités-personnes du réseau	retenu
	Distribution fréquentielle des temps de parcours des opportunités	retenu
	Potentiel d'accessibilité spatialisé généralisé	difficile à appliquer : isochrones nécessaires
	Taux de multimodalité (%)	données non disponibles
Inté. modale	Part modale d'accès et de sortie	données non disponibles
Concurrence	Ratio de durée de voyage autocar-voiture pour une ligne (%)	retenu
	Ratio de distance généralisée de voyage autocar-voiture (%)	retenu
	Ratio de coût généralisé de voyage autocar-voiture (%)	retenu

On constate en lisant ce tableau qu'un tiers seulement des indicateurs sont calculés pour les données disponibles, soit 30 indicateurs retenus sur les 92 proposés. Les autres indicateurs ne sont pas applicables le plus souvent, car les données ne sont pas disponibles ou incomplètes, ou parce que l'échelle interurbaine ne se prête pas bien à leur estimation. Le prochain chapitre détaille les méthodes de calcul des indicateurs retenus et les résultats obtenus.

CHAPITRE 4 MISE EN APPLICATION DES INDICATEURS POUR L'ANALYSE DU RÉSEAU QUÉBÉCOIS

Ce chapitre formalise les indicateurs retenus dans le chapitre précédent, afin de caractériser le réseau de transport interurbain québécois et d'en présenter les résultats. Il se divise en trois parties : la première partie décrit le réseau de façon générale et développe les caractéristiques relatives aux lignes ; la seconde partie dresse le profil de l'offre dans l'espace et dans le temps ainsi que les opportunités de déplacement que cela représente ; enfin, la dernière partie évalue l'accessibilité de la population au système de transport interurbain.

Dans le cas où les indicateurs doivent être détaillés pour un objet, comme l'accès à une gare ou les performances d'une ligne, les valeurs seront calculées pour l'exemple du corridor Montréal – Québec.

4.1 Description générale du réseau

Cette partie développe les indicateurs décrivant de manière générale le réseau de transport au Québec. Afin de permettre la reproductibilité de ces analyses, la méthodologie d'obtention des résultats précédera leur présentation et leur analyse ainsi que des perspectives éventuelles de développement. Les sous-parties illustreront respectivement (1) l'étendue du réseau et la quantité de service offerte chaque semaine, (2) la répartition des distances, des temps de parcours et des fréquences en fonction des lignes, (3) la tarification du point de vue de l'utilisateur et enfin (4) un certain nombre d'indicateurs de niveau d'offre et de performance appliqués pour la ligne Montréal – Québec.

4.1.1 Carte du réseau et indicateurs généraux

Tout d'abord, la Figure 4.1 illustre l'étendue du système de transport interurbain par autocar au Québec. Le réseau, tel que défini ici, ne comprend que les lignes des six plus grands transporteurs québécois partenaires de la recherche. D'ouest en est, on trouve donc :

- Autobus Maheux entre Rouyn-Noranda et Montréal et en Abitibi-Témiscamingue ;
- Galland Laurentides entre Mont-Laurier et Montréal et dans les Laurentides ;

- Transdev Québec entre Sherbrooke et Montréal, desservant une partie de l'Estrie et de la Montérégie et plus particulièrement la région Brome-Missisquoi ;
- Orléans Express entre Québec et Montréal ainsi qu'en Gaspésie, dans le Bas-Saint-Laurent, dans le Centre du Québec et dans le sud de la Mauricie ;
- Autobus Breton entre Québec et Saint-Georges et en Beauce ;
- Intercar entre Québec et Jonquièrre et dans le Saguenay-Lac-Saint-Jean et la Côte-Nord.

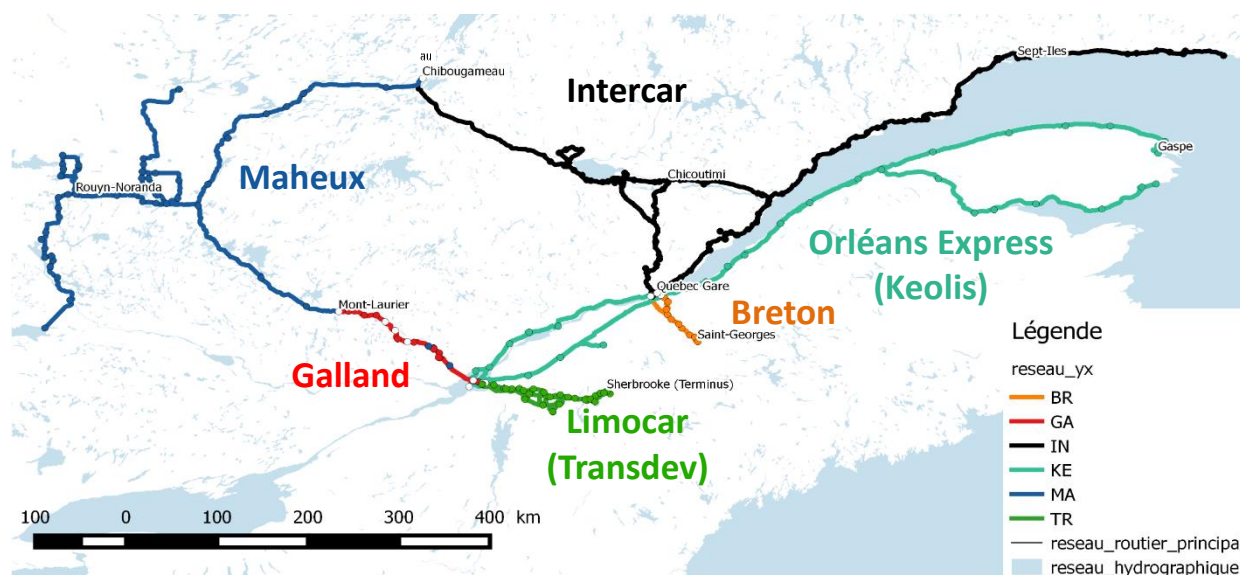


Figure 4.1 : Carte du réseau interurbain québécois tel que défini par les lignes des six transporteurs partenaires du projet (juin 2016, réalisée par nos soins)

Les fonds de carte (réseaux hydrographique et routier) utilisés pour cette figure et toutes celles qui suivent sont issus du site du Ministère de l'énergie et des ressources naturelles³³. et du Ministère des Transports du Québec³⁴

³³ Géobase de l'hydrographie de surface du MERN : <http://www.mern.gouv.qc.ca/territoire/portrait/portrait-donnees-mille.jsp>, consulté le 04/08/15, mise à jour de mars 2010

³⁴ Géobase routière du MTQ, contenant le réseau supérieur (autoroutes, routes nationales, routes régionales et routes collectrices) : <http://www.donnees.gouv.qc.ca/?node=/donnees-details&id=32cc714a-810c-455e-84b4-7f64198894f7>, consulté le 04/08/15,

Ensuite, plusieurs indicateurs ont été calculés selon la méthodologie qui suit pour évaluer l'importance du réseau. Le Tableau 4.1 contient le résultat de ces calculs. Les autres indicateurs de performance cités dans la revue de littérature nécessitent de connaître la fréquentation, qui n'est pas connue lors de l'analyse de l'offre brute.

Méthode d'obtention

L'étape préliminaire à tous ces calculs est l'estimation des distances des tronçons reliant chacun des arrêts de chaque itinéraire de chaque ligne. Le chemin utilisé pour calculer la distance est celui qui est identifié par le calculateur de la Chaire (Bourbonnais, 2015) comme étant le plus court chemin en termes de temps de parcours. Il est possible que les transporteurs n'utilisent pas tout à fait ces itinéraires, mais la variation en distance est considérée comme négligeable puisque l'on ne dispose pas de traces GPS ou d'itinéraires plus précis.

La longueur totale du réseau est déterminée en calculant la distance de chaque tronçon. Chacun de ces tronçons est considéré une seule fois quel que soit le nombre d'itinéraires qui l'empruntent.

La longueur totale des lignes, quant à elle, compile les distances des tronçons de tous les itinéraires. Pour plus de précisions, la distinction entre ces deux valeurs est expliquée par la Figure 2.2.

Les nombres de véhicules-kilomètres et de véhicules-heures commerciaux réalisés chaque semaine sont calculés en deux temps. D'abord, le temps de parcours et le nombre de jours de validité de chaque voyage sont calculés à partir des horaires. Ensuite, les produits du nombre de jours de validité et respectivement de la durée du voyage et de sa distance sont effectués. La somme de chacun de ces produits donne les nombres recherchés.

Pour obtenir le nombre de places-kilomètres par semaine, on multiplie le nombre de places dans un véhicule par le nombre de kilomètres qu'il effectue dans la semaine. Si la capacité du véhicule n'est pas connue pour un itinéraire, elle est approximée à 56 passagers.

La productivité est exprimée comme le rapport entre le nombre de véhicules-kilomètres par semaine et le nombre de véhicules-heures par semaine, ce qui est homogène à une vitesse moyenne en kilomètres par heure.

La longueur totale du réseau routier est calculée à partir des données contenues dans la couche de définition de ces objets, issues de la base de données ouvertes d'Adresses Québec Réseau +

(reseau_routier.shp)³⁵. On rappelle que le réseau routier principal n'est constitué que des routes catégorisées « autoroutes », « routes nationales » ou « routes régionales » dans ce fichier et que le réseau routier secondaire comprend également les catégories « principal », « artères » et « collectrices municipales » telles que définies dans le fichier. Ce dernier contient de nombreuses autres catégories de routes mineures.

Le taux de couverture est calculé en faisant le rapport entre la longueur totale du réseau de transport interurbain par autocar et chacun des deux réseaux routiers considérés.

Résultats (1) : Indicateurs généraux sur le réseau

Tableau 4.1 : Valeurs des indicateurs caractérisant l'ensemble du réseau constitué des six transporteurs partenaires (calculées par nos soins)

Longueur totale du réseau interurbain	18 000	km
Longueur totale des lignes	31 878	km
Nombre de lignes	26	lignes
Nombre d'itinéraires	135	itinéraires
Nombre d'arrêts	238	arrêts
Départs par semaine	1 321	départs/sem
Places par semaine	68 456	places/sem
Nombre de véhicules-kilomètres commerciaux par semaine	289 347	véh-km/sem
Nombre de véhicules-heures commerciaux par semaine	4 179	véh-h-/sem
Nombre de places-kilomètres par semaine	15.7	millions de places-km/sem
Productivité : nombre de véhicules-kilomètres par heure	69.2	km/h
Longueur totale du réseau routier principal	21 663	km
réseau routier secondaire	32 657 823	km
Taux de couverture du réseau routier principal	83	%
réseau routier secondaire	0,055	%

Analyse (1)

La longueur totale des lignes est légèrement inférieure au double de la longueur totale du réseau. Ce constat n'est pas surprenant puisqu'une ligne a généralement au moins deux itinéraires. Chaque

³⁵ Adresses Québec, Réseau Plus, <http://adressesquebec.gouv.qc.ca/aqreseauPlus.asp>, téléchargé le 14/06/2016

tronçon est donc compté plusieurs fois pour prendre en compte chacun de ces itinéraires, à l'exception peut-être des itinéraires locaux qui sont généralement uniques.

Le nombre de places par semaine est cohérent avec le nombre de départs par semaine, car si on fait leur rapport, on obtient 51, ce qui est un peu moins que le nombre de places par véhicule par défaut, 56. De même, le rapport entre le nombre de places-kilomètres par semaine et le nombre de véhicules-kilomètres par semaine donne environ 54, ce qui est cohérent.

La productivité est de 69,2 kilomètres par heure. Cet indicateur, qui est homogène avec une vitesse moyenne, est donc compris entre les vitesses maximales autorisées en agglomération (50 km/h) et sur les routes provinciales (90 km/h), ce qui est cohérent puisque le transport interurbain est opéré dans ces deux milieux.

Le taux de couverture du réseau routier semble extrêmement satisfaisant si on regarde uniquement le réseau routier principal (cf. définition ci-avant), avec ses 83 %. Par contre, si on considère le réseau secondaire également (tel que défini précédemment), le pourcentage devient extrêmement faible, avec une valeur de 0,055%.

Résultats (2) : Offre en milliers de places-kilomètres hebdomadaires

A l'aide des données calculées précédemment, on peut observer la répartition des places-kilomètres hebdomadaires entre les différentes lignes du réseau, illustrée à la Figure 4.2.

Offre de transport interurbain par autocar selon les dessertes régionales en milliers de places-kilomètres par semaine

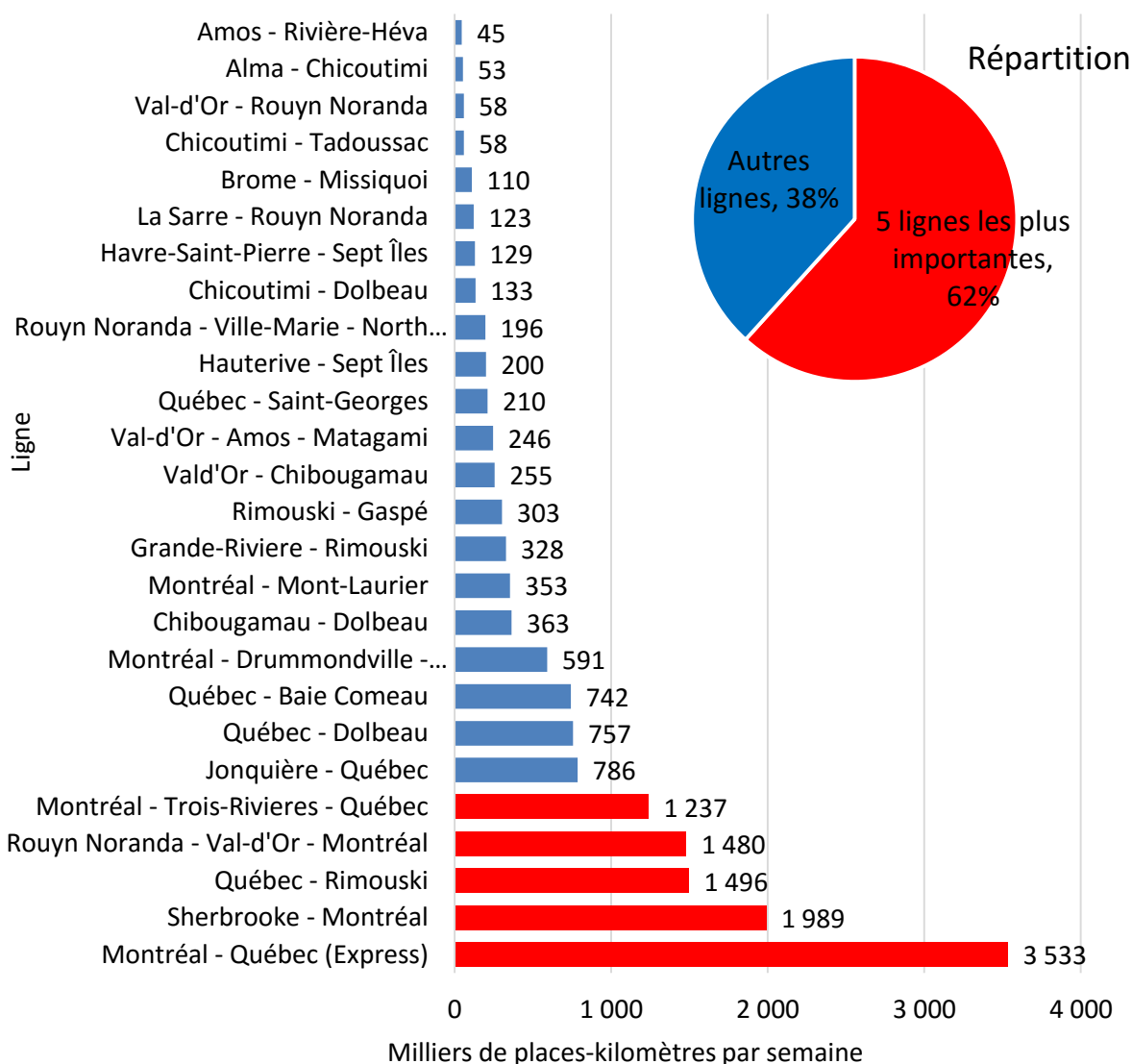


Figure 4.2 : Nombre de places-kilomètres par semaine pour les différentes lignes du réseau (réalisé par nos soins, inspiré de Blais et Québec Province (1996))

Analyse (2)

Cette figure montre que le nombre de places-kilomètres hebdomadaire se répartit majoritairement sur cinq lignes qui se partagent 62 % des places-km/sem, tandis que les 21 autres lignes n'en représentent que 38 %. Ces cinq lignes offrent chaque semaine plus d'un million de places-km chacune. Il s'agit des lignes suivantes : l'express Montréal – Québec, Montréal – Sherbrooke,

Québec – Rimouski, Montréal – Rouyn-Noranda et la ligne Montréal – Québec passant par Trois-Rivières. À lui-seul, le corridor Montréal – Québec (soit la ligne express et celle passant par Trois-Rivières) représente 30 % des places-km offertes hebdomadairement, c’est pourquoi il a été retenu pour les parties illustrant plus spécifiquement le cas d’un corridor.

Cette analyse amorce l’étude des caractéristiques des lignes, qui sera approfondie dans la sous-partie suivante par la caractérisation des voyages.

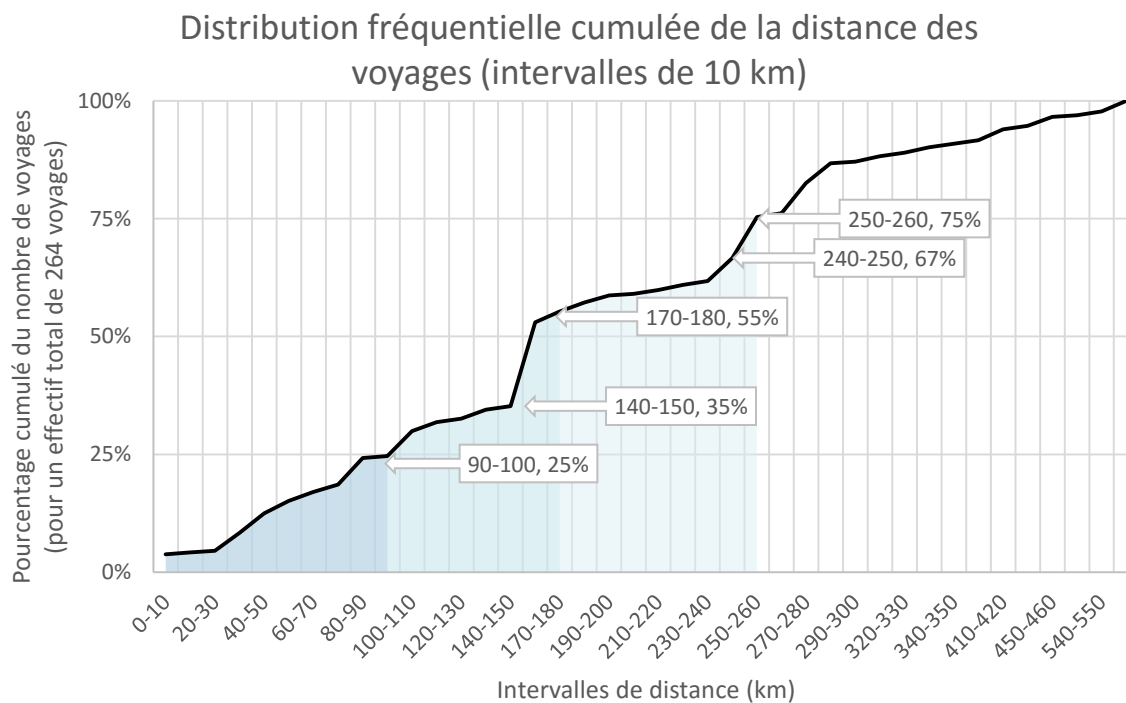
4.1.2 Caractérisation générale des voyages

L’étude des lignes ne permet pas de tenir compte des spécificités propres à chaque itinéraire, dont la distance de parcours peut varier et est propre à chaque voyage, ou dont le temps de parcours peut varier. Ainsi, l’objet retenu pour mener cette analyse est le voyage.

Méthode d’estimation

Pour chaque voyage sont calculés la distance totale du parcours, la durée totale et le nombre d’arrêts effectués. Les voyages sont ensuite dénombrés en fonction de critères spécifiques puis représentés sur des graphiques. Ainsi, la Figure 4.3 dénombre les voyages en fonction de leur distance totale et les exprime en pourcentage des voyages totaux. La Figure 4.4 fait de même avec les temps de parcours, qui sont représentés en nombre absolu par catégorie et en pourcentage cumulé. Enfin, la Figure 4.5 représente le nombre d’arrêts des voyages en fonction de leur distance totale.

Résultats (1) : Distance des voyages



=

Figure 4.3 : Distribution de la distance des voyages (km) (réalisé par nos soins)

La moyenne de cette distribution est 195,7 km et la médiane 168,7 km. La distance de parcours la plus élevée est de 638 km (il s'agit de la ligne Rouyn-Noranda – Montréal).

Analyse (I)

Sur la Figure 4.5, on constate qu'un quart des voyages a une distance totale de moins de 100 km, qui est pourtant la limite définie pour qualifier le transport interurbain. Cependant, en analysant les données plus avant, on trouve que, parmi les 65 voyages qui constituent cet effectif, 38 voyages (soit 58 %) sont des variantes d'une même ligne locale.

Par ailleurs, près des deux-tiers des voyages font plus de 150 km et un tiers des voyages fait plus de 250 km.

En ce qui concerne la courbe des pourcentages cumulés, on observe au moins deux augmentations très rapides suivies d'une certaine stabilité dans les effectifs. La première a lieu entre 160 et 170 km, ce qui correspond à la distance Montréal – Sherbrooke. La seconde, entre 250 et 280 km, correspond principalement à la distance Montréal – Sherbrooke, mais aussi aux distances Rouyn-Noranda – North Bay, Québec – Alma, Hauterive – Sept-Îles ainsi que Matagami – Val d'Or.

Résultats (2) : Durée des voyages

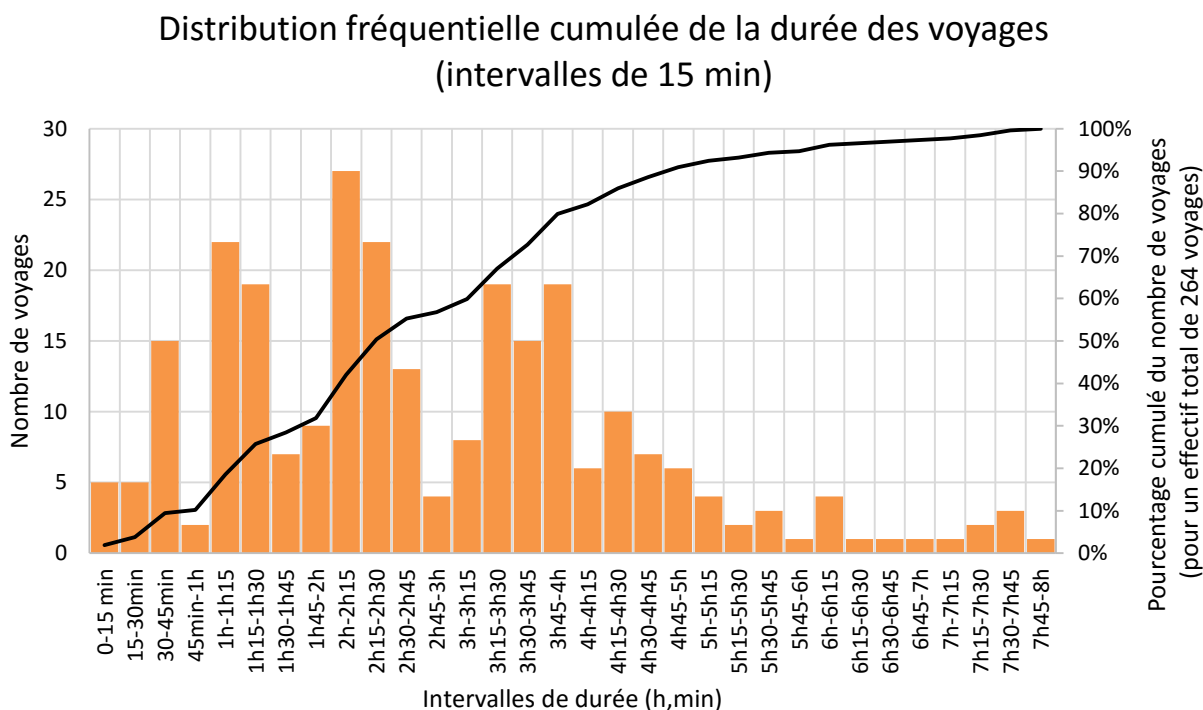


Figure 4.4 : Distribution de la durée des voyages (par intervalles de 15 min) (réalisé par nos soins)

La moyenne de cette distribution est de 2h51 et la médiane de 2h25. Le temps de parcours le plus élevé est de 9h35 (il s'agit également de la ligne Rouyn-Noranda – Montréal).

Analyse (2)

On remarque qu'un quart des voyages a une durée de parcours de moins de 1h30. En revanche, 40 % des voyages ont des durées supérieures à 3h et 20 % sont supérieures à 4h.

À nouveau, on retrouve des augmentations importantes du nombre de voyages dont la durée est comprise entre 2h et 2h30, ce qui correspond, entre autres, au temps de parcours entre Sherbrooke et Montréal. De même, entre 3h15 et 4h, on retrouve par exemple Montréal – Québec, Québec – Jonquière, Québec – Alma, Québec - Baie-Comeau, Hauterive – Sept-Îles et Matagami – Val d'Or.

Résultats (3) : Nombre d'arrêts

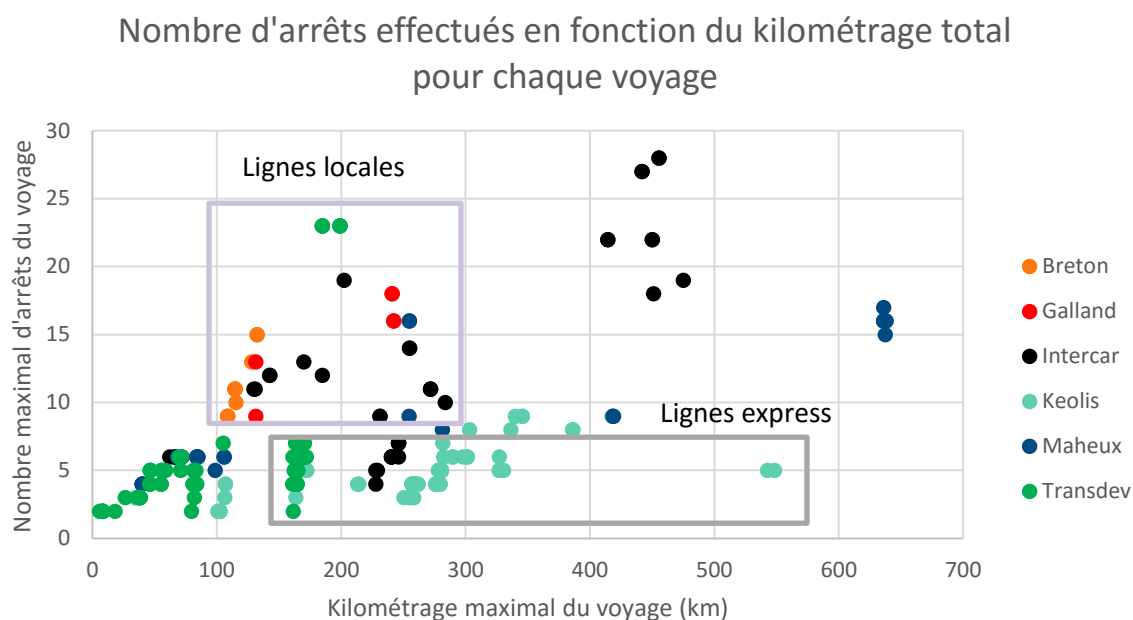


Figure 4.5 : Nombre d'arrêts effectués en fonction du kilométrage total du voyage (réalisé par nos soins)

Analyse (3)

Sur la Figure 4.5, on distingue assez bien, d'une part, les lignes express caractérisées par des distances élevées et un nombre d'arrêts restreint et, d'autre part, les lignes locales, avec des arrêts plus nombreux, mais des distances généralement moins importantes. Les deux types de services ont été repérés par des encadrés à titre indicatif.

On constate que les transporteurs Keolis (réseau Orléans Express) et Transdev (réseau Limocar) exploitent principalement des lignes qui effectuent un service de type express de moins de 9 arrêts, alors que les transporteurs Breton et Galland offrent plutôt un service local avec plus de 9 arrêts par voyage.

Les valeurs extrêmes de ce graphique correspondent, en bleu à plus de 600 km, aux services Rouyn-Noranda – Montréal et en noir entre 400 et 500 km, aux services reliant respectivement Chicoutimi à Chibougamau, Baie-Comeau à Québec, Québec à la Malbaie et Dolbeau à Sainte-Foy.

4.1.3 Tarification

Cette partie présente brièvement quelques caractéristiques tarifaires des lignes interurbaines québécoises.

Méthode d'analyse

Pour réaliser les graphiques qui suivent, le tarif régulier hors taxes pour un adulte a été retenu pour chaque paire d'arrêts origine-destination dont les renseignements étaient disponibles. La distance séparant ces deux arrêts a été estimée à l'aide du calculateur de la Chaire Mobilité. La Figure 4.6 représente directement le tarif appliqué pour chaque tronçon correspondant à une paire OD codée en fonction de sa distance en kilomètres. La Figure 4.7 quant à elle illustre la répartition des tarifs rapportés aux kilomètres parcourus, qui sont calculées comme le quotient du prix du voyage pour le tronçon sur la distance du tronçon.

Résultats : Prix du voyage

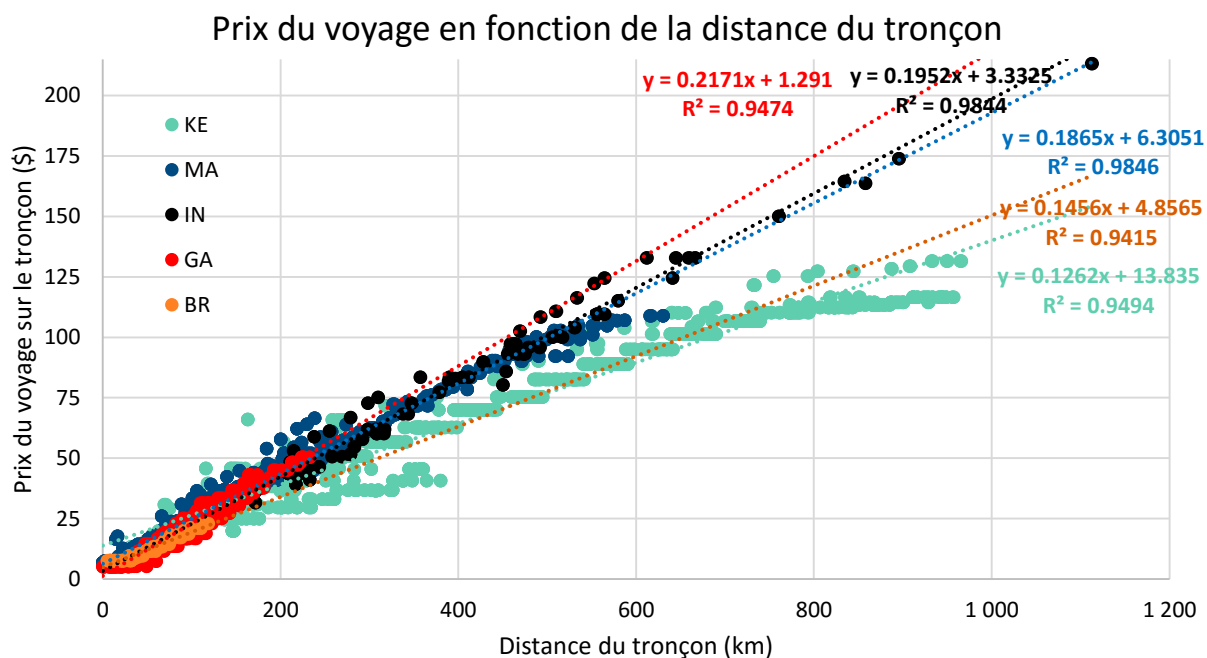


Figure 4.6 : Prix en fonction de la distance de la paire d'arrêts origine-destination (réalisé par nos soins)

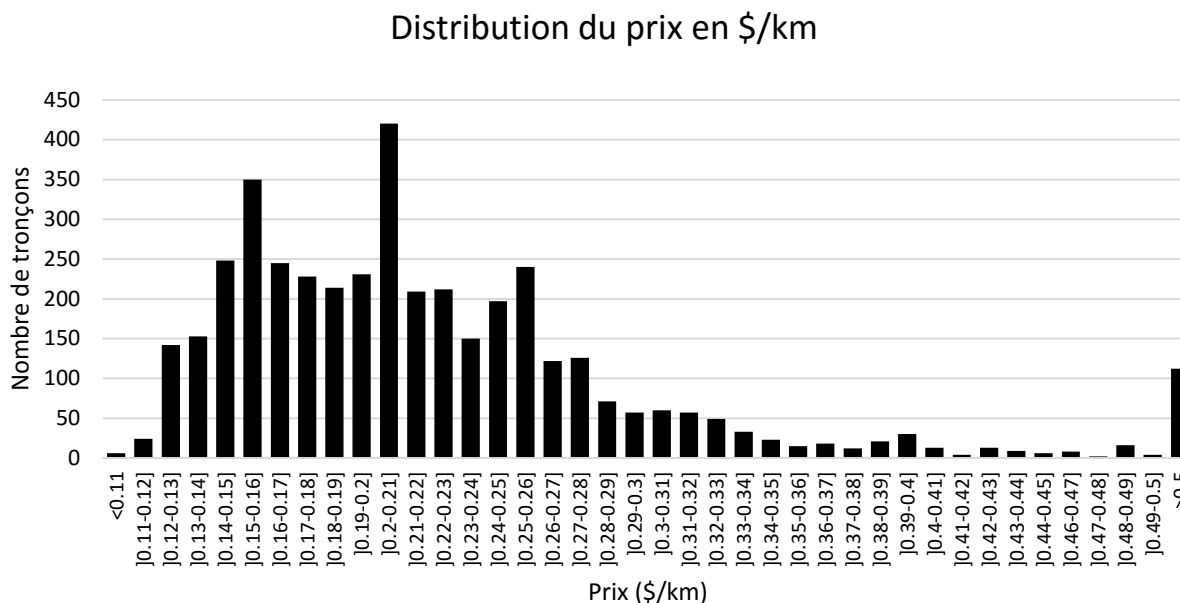


Figure 4.7 : Distribution du prix en \$/km (réalisé par nos soins)

Pour la distribution des tarifs représentée à la Figure 4.7, la moyenne est de 0,23 \$/km, la médiane est de 0.21 \$/km et l'écart-type est de 0.19 \$/km. Le minimum est de 0.11 \$/km et le maximum est de 3.83 \$/km (il s'agit d'un tronçon de 2 km).

Analyse

A l'aide de la Figure 4.6, on constate qu'il existe une relation presque linéaire entre le prix du voyage et sa distance. En effet, pour chacun des transporteurs, le coefficient de détermination (R^2) est supérieur à 0.94, ce qui indique que les régressions linéaires sont très proches des valeurs réelles. Les coefficients directeurs des droites correspondantes sont respectivement de 0,12, 0,14, 0,18, 0,19 et 0,21 \$/km et ils sont cohérents avec les résultats obtenus à la Figure 4.7, à savoir que le prix médian est de 0,21 \$/km. Cette figure permet également d'observer que 90 % des tronçons ont un tarif kilométrique inférieur ou égal à 0,3 \$/km.

On peut par ailleurs remarquer que les tarifs prévoient des voyages de plus de 1 000 km, avec notamment la liaison Montréal – Havre-St-Pierre qui totalise 1 113 km (et est réalisée avec des correspondances à Québec, Hauterive et Sept-Îles).

4.1.4 Caractérisation détaillée d'une ligne et de ses performances

Les analyses de caractérisation d'une ligne et de ses performances sont menées ici pour l'exemple du corridor Québec Montréal. Cette partie présente un bref aperçu des variables dont on dispose et que l'on peut exploiter individuellement pour chaque ligne.

Méthode d'estimation

Les caractéristiques générales des lignes sont obtenues par dénombrement des objets pour le Tableau 4.2. La distance a été calculée à l'aide du calculateur de la Chaire Mobilité et les temps de parcours sont issus des horaires. Pour chaque itinéraire, on a retenu la distance la plus longue et le temps de parcours qui lui étaient associés pour réaliser la Figure 4.8. Et enfin, le degré de détour et la vitesse ont été calculés pour chaque tronçon de chaque itinéraire et représentés à la Figure 4.10 et à la Figure 4.9 respectivement.

A l'aide des tarifs, le prix moyen par kilomètre a été estimé pour les tronçons dont le prix est connu, pour le tarif adulte aller simple taxes comprises le plus élevé. Le coût considéré est celui engagé par le passager. Le prix moyen par kilomètre est légèrement supérieur à 0,19 \$/km et il est compris entre 0,16 \$/km et 0,25 \$/km. Avec la nouvelle offre tarifaire modulée, on estime que le prix peut descendre jusqu'à 0,09 \$/km.

Résultats (1) : Itinéraires et voyages pour le corridor Montréal - Québec

Tableau 4.2 : Caractéristiques du corridor Montréal - Québec : nombre de lignes, d'itinéraires et de voyages (réalisé par nos soins)

Lignes	Itinéraires (séquence d'arrêts)	Voyages Aller	Voyages Retour	Arrêts
2	10	32	29	13
Express (1)	(1A) Montréal - Longueuil - Sainte-Foy - Québec	11	9	4
	(1B) Montréal - Sainte-Foy - Québec	4	7	3
	(1C) Montréal - Drummondville - Sainte-Foy - Québec	2	1	4
	(1D) Aéroport PE Trudeau - Montréal - Sainte-Foy - Québec	8	7	4
TOTAL Express	4	25	24	6
Trois-Rivières (2)	(2A) Montréal - Laval - Repentigny - Berthierville - Louiseville - Trois-Rivières - Sainte-Foy - Québec	1		9
	(2B) Montréal - Laval - Repentigny - Trois-Rivières - Sainte-Foy - Québec	1	2	6
	(2C) Montréal - Trois-Rivières - Sainte-Foy - Québec	3	1	4
	(2D) Montréal - Laval - Louiseville - Trois-Rivières - Sainte-Foy - Québec	2		6
	(2E) Montréal - Métro Radisson - Louiseville - Trois-Rivières - Sainte-Foy - Québec		1	6
	(2F) Montréal - Repentigny - Berthierville - Louiseville - Trois-Rivières - Sainte-Foy - Québec		1	7
TOTAL Trois-Rivières	6	7	5	10

Analyse (1)

Le corridor Montréal – Québec est desservi par deux lignes, une ligne express passant par la rive sud du Saint-Laurent et la seconde passant par la rive nord et Trois-Rivières. L'itinéraire qui dessert spécialement l'aéroport P.E Trudeau est dénombré avec les autres itinéraires de la ligne express, ce qui porte leur nombre à quatre. La ligne Trois-Rivières compte six itinéraires. Le nombre de voyages, quelle que soit la période de validité, ainsi que le nombre d'arrêts desservis par chacun de ces itinéraires et par chacune des lignes sont résumés dans le Tableau 4.2. Plus concrètement, on compte généralement 17 départs quotidiens pour chaque direction sur la ligne express et 5 sur la ligne Trois-Rivières.

Résultats (2) : Temps de parcours (corridor Montréal – Québec)

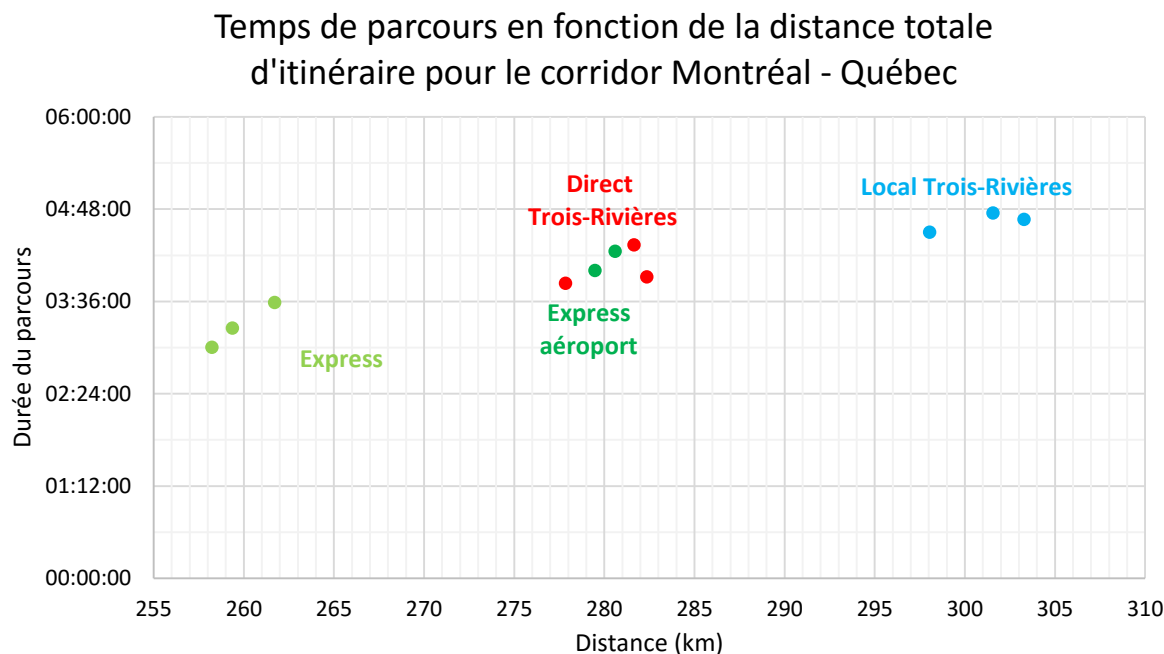


Figure 4.8 : Temps de parcours en fonction de la distance totale de l'itinéraire pour le corridor Montréal – Québec (réalisé par nos soins)

Analyse (2)

Les temps de parcours varient entre 3h et 4h45 et la distance parcourue peut aller de 250 à 300 km en fonction de l'itinéraire. On constate sur la Figure 4.8 que les itinéraires les plus courts, aussi bien en termes de distance que de temps, sont ceux de la ligne express, suivis de la desserte de l'aéroport, (1D) et (1E). Viennent ensuite les itinéraires de la ligne Trois-Rivières, avec des distances et des temps de parcours plus longs. « Direct » désigne les trajets (2C) ainsi que (2E) et (2F) et « local » les autres.

Résultats (3) : Vitesse (corridor Montréal – Québec)

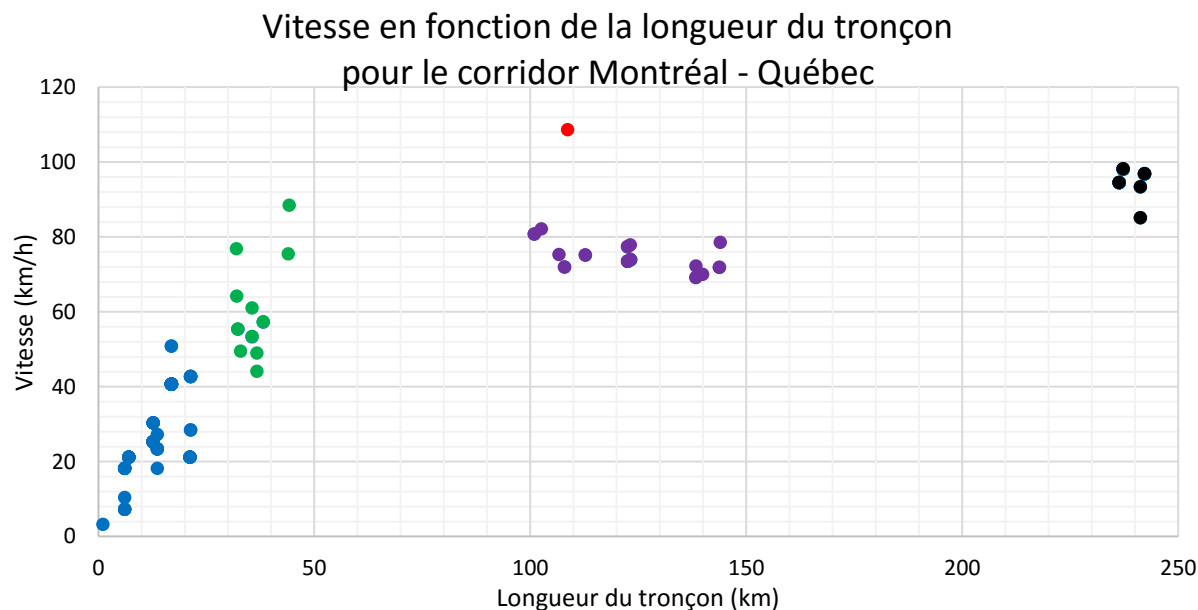


Figure 4.9 : Vitesse en fonction de la longueur du tronçon pour les itinéraires du corridor Montréal - Québec (réalisé par nos soins)

Légende : Origine - Destinations

	Louiseville	Montréal (Métro Radisson)
	Ste-Foy	Montréal / Longueuil
	Drummondville	Montréal / Longueuil
	Trois - Rivières	Montréal / Ste-Foy / Repentigny
	Laval	Louiseville
	Repentigny	Montréal / Laval / Berthierville
	Louiseville	Berthierville / Trois-Rivières
	Ste-Foy	Québec
	Montréal	Laval / Longueuil / Aéroport / Métro Radisson

Analyse (3)

Sur la Figure 4.9, on constate que la vitesse moyenne dépend beaucoup de la distance du tronçon considéré. Ainsi, les vitesses moyennes les plus élevées, comprises entre 75 et 100 km/h, sont observées pour les distances de plus de 100 km. Cela s'explique par le fait que les itinéraires empruntent l'autoroute, pour laquelle la limite de vitesse est plus élevée et aussi par le fait qu'il y a moins d'arrêts intermédiaires qui viennent ralentir le voyage. En effet, pour réaliser les tronçons plus courts (de moins de 50 km), les vitesses décroissent presque proportionnellement à la

décroissance des distances parcourues. Ce phénomène provient de l'environnement de voyage, généralement plus urbain et donc avec plus de causes de ralentissement comme des feux ou de la congestion éventuellement et des limites de vitesses plus faibles, mais aussi du fait que le transporteur prévoit généralement dans les horaires quelques minutes pour prévoir ces aléas.

Résultats (4) : Degré de détour (corridor Montréal – Québec)

Tronçon		Degré de détour
Longueuil	Montréal	2.1
Ste-Foy	Québec	2.1
Montréal	Longueuil	1.8
Métro Radisson	Montréal	1.6
Québec	Ste-Foy	1.5
Aéroport	Montréal	1.4
Laval	Repentigny	1.4
Laval	Montréal	1.3
Repentigny	Montréal	1.2
Repentigny	Laval	1.2
Louiseville	Berthierville	1.2
Laval	Louiseville	1.2
Trois-Rivières	Louiseville	1.2
Trois-Rivières	Ste-Foy	1.2
Montréal	Trois-Rivières	1.1
Louiseville	Métro Radisson	1.1
Louiseville	Trois-Rivières	1.1
Montréal	Drummondville	1.1
Repentigny	Trois-Rivières	1.1
Montréal	Ste-Foy	1.1
Longueuil	Ste-Foy	1.1
Drummondville	Ste-Foy	1.1
Berthierville	Repentigny	1.0

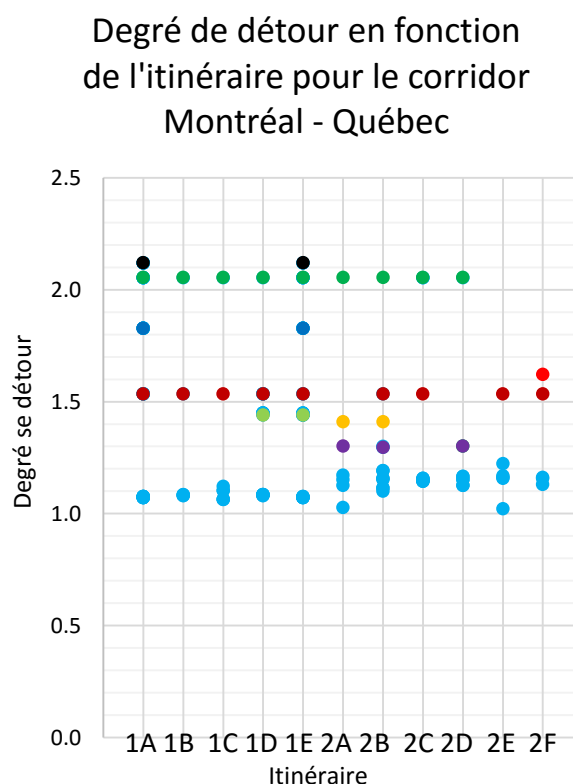


Figure 4.10 : Tableau et graphique du degré de détour en fonction de l'itinéraire pour le corridor Montréal – Québec (réalisés par nos soins)

Analyse (4)

Sur la Figure 4.10, on remarque tout d'abord que le degré de détour n'est pas le même pour chaque itinéraire et chaque tronçon. Sur le graphique, chaque série verticale de points correspond à un itinéraire et chaque point à un des tronçons de l'itinéraire.

Ensuite, certains degrés de détour sont supérieurs à 2, ce qui signifie que la distance parcourue sur le réseau est plus de deux fois supérieure à la distance à vol d'oiseau. Ce constat est réalisé entre Longueuil et Montréal, et Ste-Foy et Québec, soit pour des milieux urbains très denses. En revanche, il faut souligner que le degré de détour est fonction de la direction : par exemple Montréal > Longueuil n'a un degré de détour que de 1.8, alors que celui de Longueuil > Montréal est de 2.1. Toutes les directions n'ont pas été dupliquées si l'arrondi du degré de détour était égal pour l'aller et le retour.

Par ailleurs, les autres milieux urbains plutôt denses ont des degrés de détour compris entre 1.3 et 1.8. Lorsque la densité urbaine diminue, les valeurs des degrés de détour diminuent généralement.

Enfin, le minimum est 1 et cette valeur est atteinte lorsque le trajet entre une origine et une destination est très exactement une ligne droite. Cette valeur extrême est presque atteinte entre Berthierville et Repentigny, tronçon pour lequel le degré de détour est de 1.02 pour un arrondi avec deux chiffres significatifs.

Limites et perspectives

Les analyses présentées dans cette partie sont loin d'être exhaustives, car les données sont difficiles à représenter de manière claire. Cela vient du fait qu'elles varient pour chaque voyage et pour chaque tronçon et que, par conséquent, l'utilisation de moyennes ou de minimum/maximum pour les agréger par ligne ou par itinéraire peut apporter des imprécisions.

Plus concrètement, ces indicateurs peuvent être utilisés non seulement pour identifier les tronçons ou les voyages les plus performants, ainsi que les variations observées d'un voyage à l'autre, mais aussi pour détecter d'éventuelles erreurs dans les fichiers GTFS ou des temps de parcours planifiés irréalisables par exemple.

Ainsi, cette première partie a brossé un premier tableau des caractéristiques générales du réseau, des lignes et des voyages. La prochaine partie détaille l'offre de service.

4.2 Profils d'offre

Dans cette partie, l'offre sera abordée sous le point de vue du service fourni, à l'échelle du tronçon et de l'arrêt. Les aspects spatiaux et temporels seront traités et le concept d'opportunités proposé par Fortin (2016) sera testé pour le réseau.

4.2.1 Profil d'offre par tronçon

Dans un premier temps, la répartition spatiale de l'offre sera calculée pour chacun des tronçons du réseau interurbain.

Méthode d'obtention

Les voyages ont été dénombrés pour chaque tronçon, pour chaque jour de la semaine. Un tronçon est une paire d'arrêts reliés directement, comme expliqué dans la Figure 4.11. Les allers et retours sont cumulés pour chaque tronçon. Le nombre moyen de voyages par tronçon est calculé en effectuant une moyenne pour tous les jours de la semaine (du lundi au dimanche), pour les jours ouvrables (du lundi au vendredi) et pour les jours de la fin de semaine (le samedi et le dimanche).

Les résultats sont présentés pour un jour moyen de la semaine dans la Figure 4.12 pour l'ensemble du réseau et dans la Figure 4.13 pour une échelle plus large. Le Tableau 4.3 reprend les valeurs pour les neuf tronçons les plus desservis. Enfin, la

Figure 4.14 A : représente la différence entre la moyenne pour les jours ouvrables et la moyenne pour les jours de fin de semaine en termes de nombre de passages par tronçon.

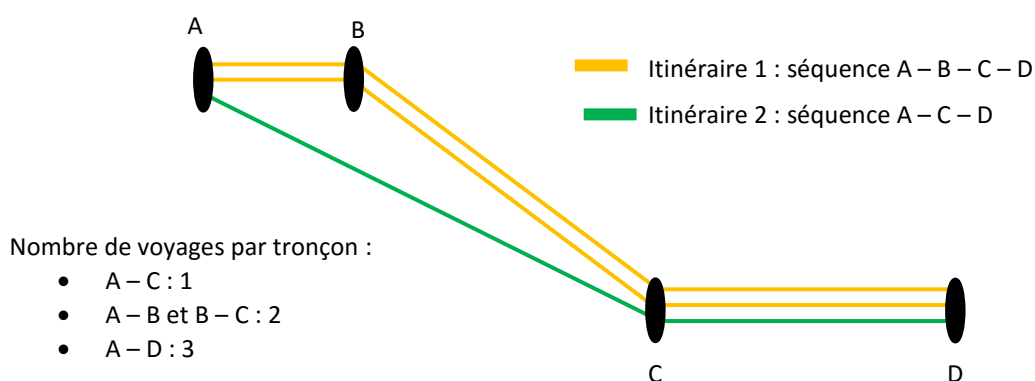


Figure 4.11 : Méthode de calcul du nombre de voyages par tronçon (réalisée par nos soins)

Comme on peut le voir sur la Figure 4.11, le tronçon CD est desservi directement par trois voyages (deux de l'itinéraire 1 et un de l'itinéraire 2). Le tronçon AC est desservi par ces trois mêmes voyages, mais parmi eux, un seul est direct (de A à C, itinéraire 2) et les deux autres sont indirects (de A à B puis de B à C, itinéraire 1). Le dénombrement ne compte que les voyages directs par

tronçon. Dans la réalité, B peut se trouver sur l'unique route qui relie A à C, mais l'itinéraire 1 n'est pas considéré comme direct entre A et C.

De même, sur les cartes qui suivent, certaines paires OD peuvent être reliées réellement par un nombre important de voyages, mais le tronçon qui les relie directement peut ne voir passer que la moitié de ces passages par exemple et apparaître plus petit qu'il ne serait réellement si on dénombrerait les trajets directs et indirects pour chaque paire OD.

Résultats (1) : Profil d'offre par tronçon

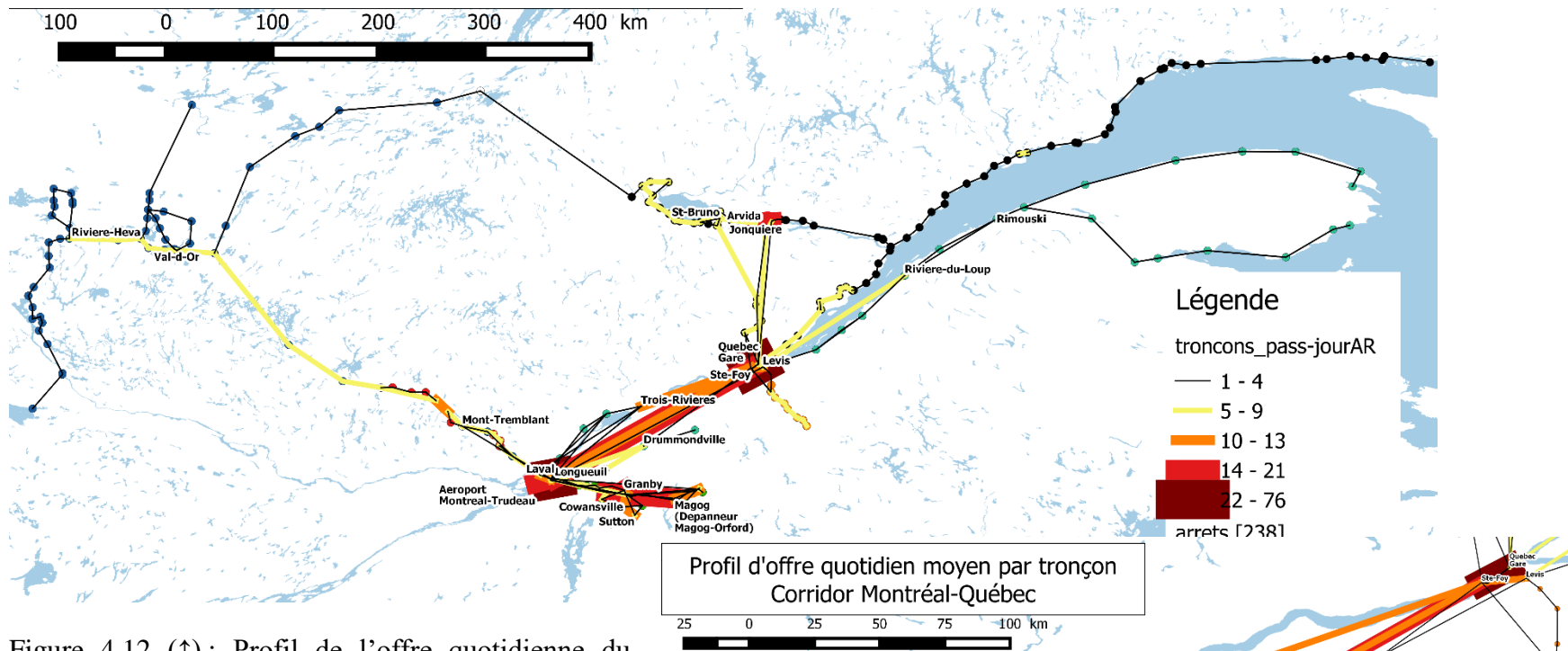


Figure 4.12 (↑) : Profil de l'offre quotidienne du réseau (nombre de passages aller et retour pour chaque tronçon moyenné pour une semaine de juin 2016) (réalisé par nos soins)

Figure 4.13 (→) : Profil de l'offre quotidienne du corridor Montréal – Québec (nombre de passages aller et retour pour chaque tronçon moyenné pour une semaine de juin 2016) (réalisé par nos soins)

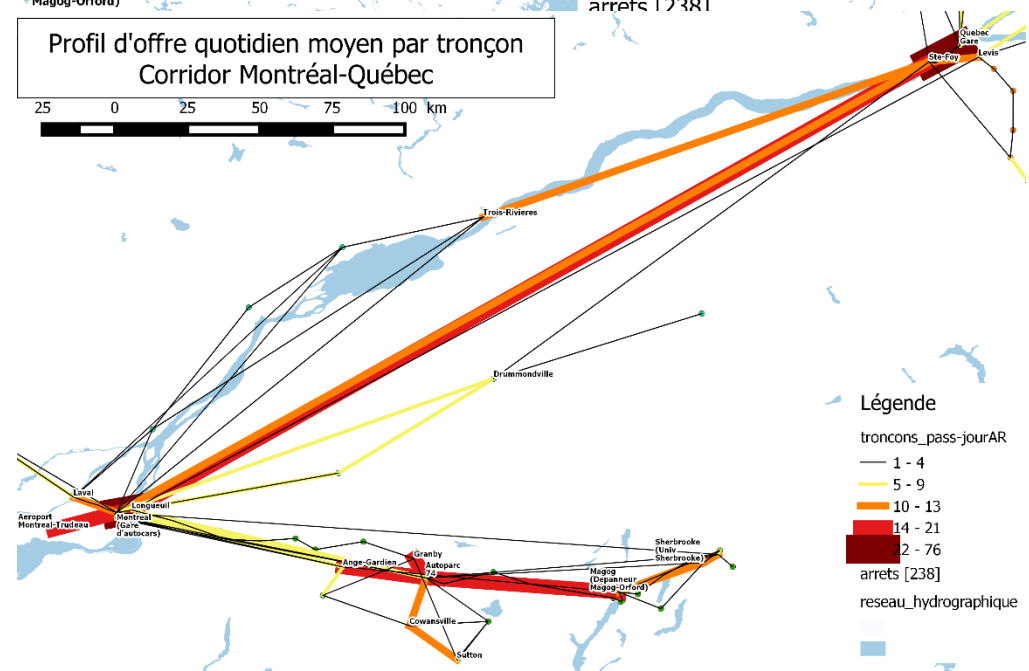


Tableau 4.3 : Nombre de voyages quotidiens pour les neuf tronçons les plus desservis un jour moyen de semaine (réalisé par nos soins)

Nombre moyen de passages par tronçon par jour	aller	retour	aller+retour
Québec - Ste-Foy	42	34	76
Longueuil – Montréal	21	20	41
Magog - Autoparc 74 ³⁶	12	9	21
Autoparc 74 - Ange-Gardien	12	8	20
Ste-Foy – Longueuil	11	9	20
Aéroport Montréal-Trudeau – Montréal	8	7	15
Granby - Autoparc 74	8	7	15
Arvida – Jonquière	7	7	14
Chicoutimi – Arvida	7	7	14

Analyse (I)

Sur la Figure 4.12, on constate que les deux tronçons qui se détachent nettement des autres (de couleur bordeaux) sont respectivement Québec – Sainte-Foy et Montréal – Longueuil, avec plus de 40 voyages aller-retour quotidiens chacun. Cela s’explique par le fait qu’ils sont opérés par plusieurs transporteurs et desservent des gares d’autocar d’importance et proches l’une de l’autre.

Ensuite, on distingue deux axes majeurs (en rouge) : Montréal – Québec et Montréal – Sherbrooke. Bien que cela ne paraisse pas directement sur la carte, ces deux corridors comptent respectivement 24 et 14 (+/-1 en fonction du jour et de la direction) départs par jour, en comptant toutes les variantes d’itinéraires reliant les deux villes en elles-mêmes.

Les axes secondaires (en orange et en jaune) sont Québec – Jonquière, Jonquière – Chicoutimi, Montréal – Drummondville, Québec – Rivière-du-Loup, Montréal – Rouyn-Noranda, Ange-Gardien – Sutton, Québec – La Malbaie, Montréal – Mont-Tremblant et Québec – Saint-Georges (sans ordre particulier de citation).

³⁶ L’Autoparc 74 est un stationnement incitatif gratuit d’une centaine de places situé à hauteur de la sortie Granby/Bromont de l’autoroute 10 (autoroute des cantons de l’Est), sur l’axe Montréal – Sherbrooke.

On constate également que les destinations les plus éloignées des grands centres sont également les moins souvent desservies. Ces régions sont situées en Abitibi, en Gaspésie et le long de la Côte Nord.

Par ailleurs, le phénomène annoncé dans l'explication du mode de comptage, illustré à la Figure 4.11, est particulièrement observable au niveau de Trois-Rivières sur la Figure 4.13. De fait, entre Trois-Rivières et Montréal, plusieurs itinéraires sont possibles et les différents tronçons qu'ils empruntent se partagent le nombre de passages quotidiens. Les tronçons apparaissent donc avec un nombre de passages faible, représenté en noir. En revanche, entre Trois-Rivières et Québec, comme il n'y a qu'un seul itinéraire, le tronçon concentre les 12 passages quotidiens (7 allers et 5 retours) et apparaît ainsi en orange.

Limites

Les choix pris pour réaliser ces cartes de profil d'offre ont deux inconvénients majeurs. Tout d'abord, comme mentionné précédemment, seuls les voyages directs entre deux arrêts sont représentés. Cela entraîne une sous-représentation pour certains des tronçons.

Ensuite, quelques paires d'arrêts ne peuvent pas être reliées directement pour un voyage très court. Par exemple, il n'est pas autorisé de faire un trajet Montréal (gare d'autocars) – Longueuil ou Québec (gare d'autocars) – Ste-Foy seulement. Ces tronçons font l'objet de restrictions afin de ne pas concurrencer les réseaux de transport urbain locaux.

Résultats (2) : Profil d'offre différentiel entre la semaine et la fin de semaine par tronçon

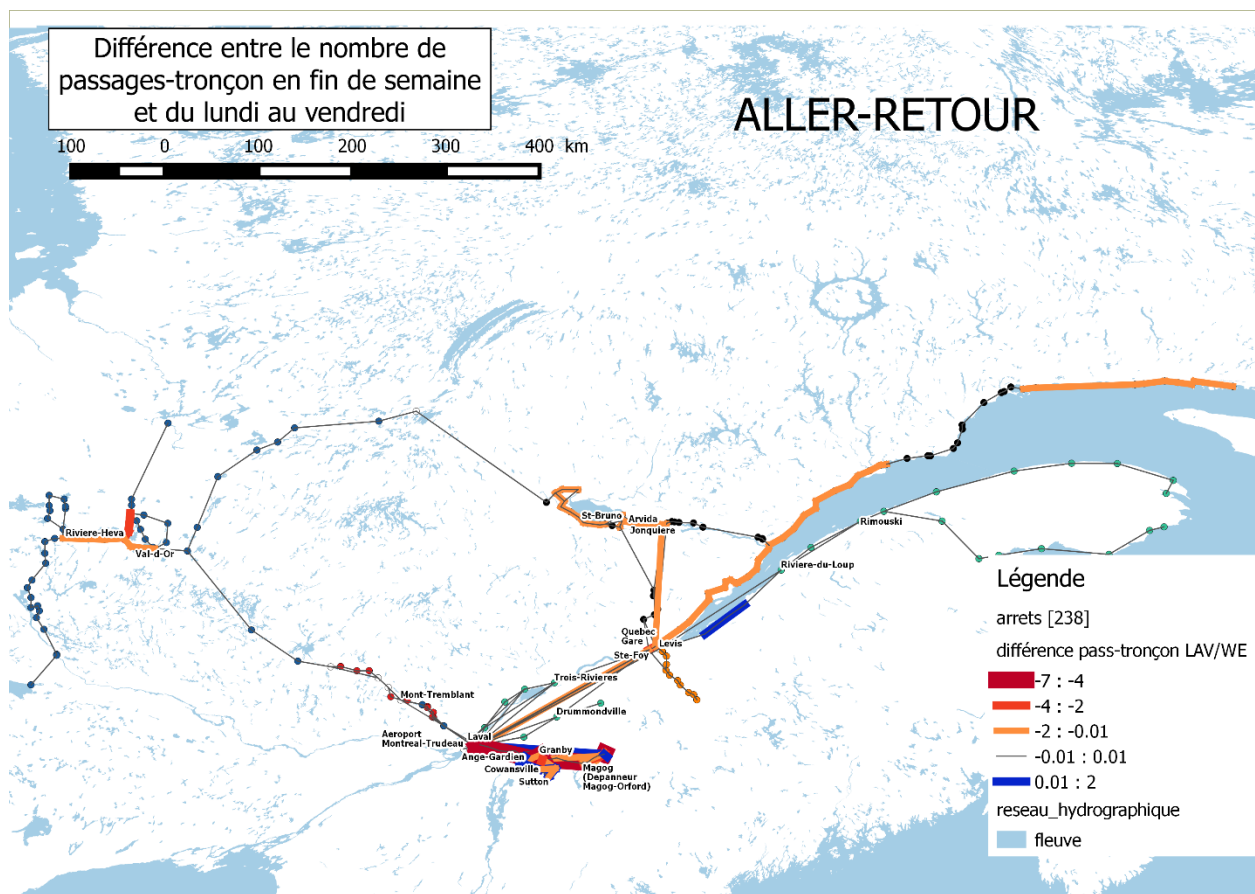


Figure 4.14 A : Différences observables entre les jours ouvrables et la fin de semaine sur le profil d'offre (exprimé en nombre moyen de passages-tronçon quotidiens pour chacune des périodes) (réalisé par nos soins)

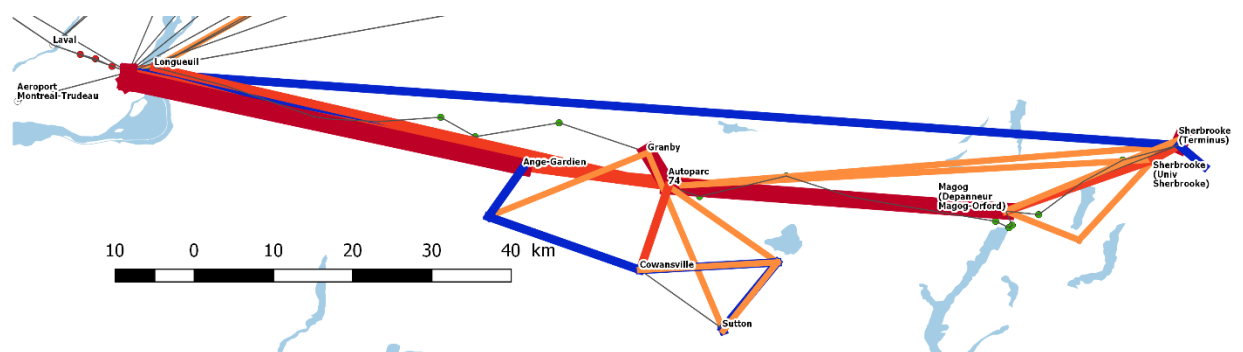


Figure 4.14 A : B : Zoom sur le corridor Sherbrooke - Montréal (réalisé par nos soins)

Analyse (2)

Sur la

Figure 4.14 A : A, on remarque que très peu de tronçons voient leur offre de service augmenter entre la semaine et la fin de semaine (représentés en bleu). Celui qui apparaît entre Québec et Rimouski est dû à une séquence d'arrêts modifiés pour l'un des services, ce qui fait apparaître en bleu un voyage direct entre Montmagny et La Pocatière en fin de semaine, alors que, durant la semaine, il dessert également Saint-Jean-Port-Joli (les deux tronçons concernés sont masqués par le figuré bleu mais sont représentés en orange). Le même phénomène de substitution est observable entre Sherbrooke et Montréal, en particulier sur la

Figure 4.14 A : B. Concrètement, ce tronçon voit environ 50 % de départs en plus durant les jours ouvrables que pendant le week-end. Son offre est plutôt orientée pour convenir aux navetteurs car les services ajoutés le sont aux heures de pointe du matin et du soir en semaine.

En dehors des liaisons Rivière-Héva – Amos et Sept-Îles – Havre-Saint-Pierre qui ne sont offertes que du lundi au vendredi, la différence de services est difficile à généraliser. Chaque ligne devra être examinée au cas par cas, car la réduction d'un départ n'a pas le même effet lorsqu'il y en a habituellement quinze que lorsqu'il y en a deux par jour.

4.2.2 Profil d'offre aux arrêts

Cette sous-partie porte sur la répartition spatiale de l'offre pour les différents arrêts. Pour rappel, le réseau compte 238 arrêts. Le service hebdomadaire comprend 8 436 passages-arrêt au total.

Méthode d'obtention

Le nombre de passages-arrêt est calculé pour chaque arrêt en dénombrant pour chaque jour le nombre de fois où l'arrêt est desservi par un voyage et en vérifiant que le voyage est valide pour le jour étudié. Le nombre de passages-arrêt est ensuite moyenné pour l'ensemble de la semaine. La Figure 4.15 présente le nombre de passages-arrêt quotidiens moyens pour l'ensemble du réseau québécois. Les Figure 4.16 à Figure 4.19 représentent en plan rapproché les nombres moyens (moyenne pour l'ensemble des jours de la semaine) de passages-arrêt quotidiens dans certaines parties du réseau.

Ensuite, les moyennes de passages-arrêt quotidiens ont été calculées pour les jours ouvrables (du lundi au vendredi) et la fin de semaine (samedi et dimanche). La Figure 4.20 a été obtenue en groupant les arrêts par nombre de passages-arrêt et en dénombrant les effectifs de chacun des groupes de fréquences de passages-arrêt ainsi créés. La Figure 4.21 est issue du calcul de la différence entre les résultats obtenus le week-end par rapport à la semaine travaillée.

Il est important de rappeler que les arrêts ne sont pas codés distinctement pour l'aller et le retour. Ainsi, un arrêt desservi par deux allers-retours par jour compte quatre passages-arrêt par jour.

Résultats (1) : Profils d'offre par arrêt

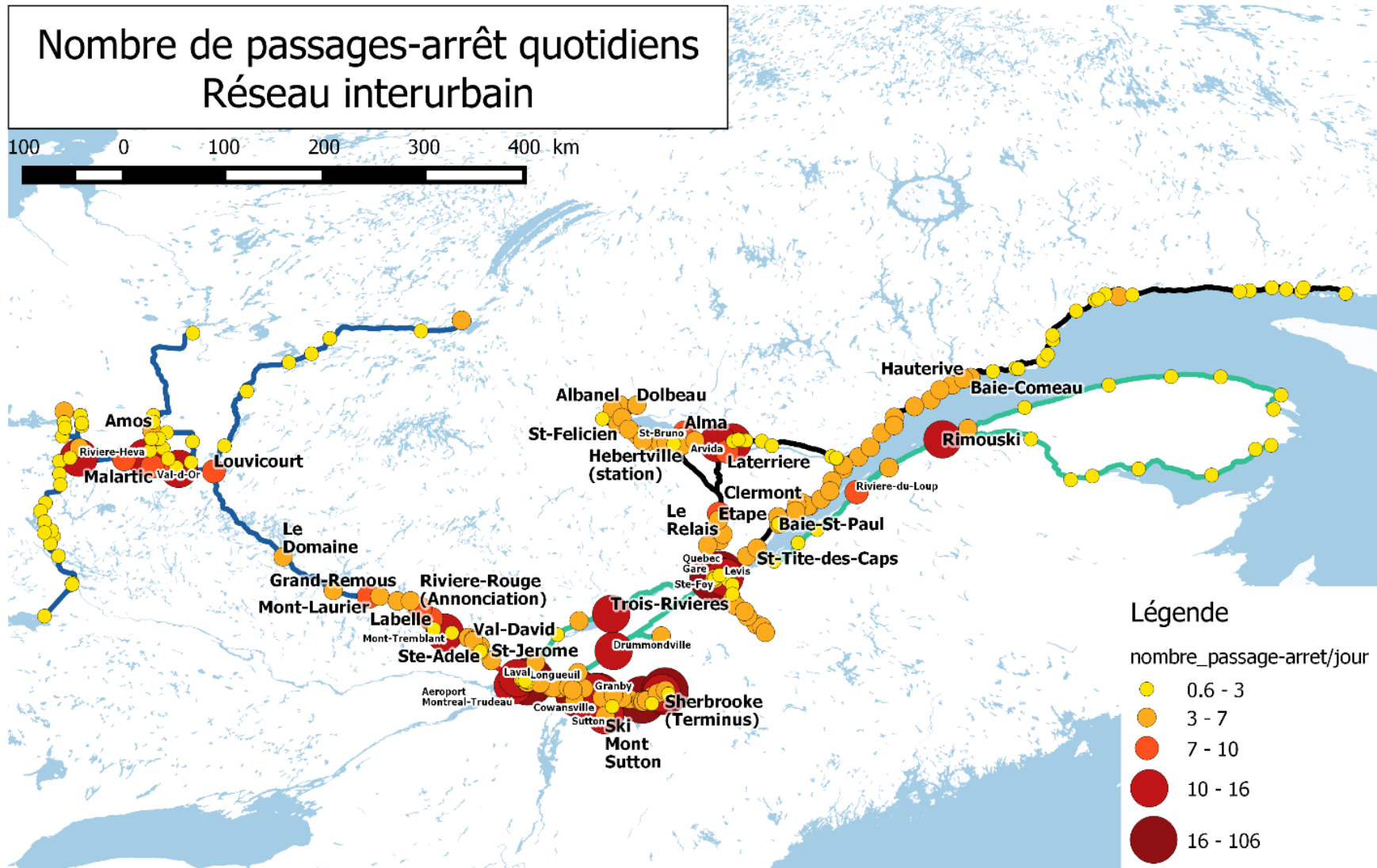


Figure 4.15 : Nombre de passages-arrêt quotidiens sur l'ensemble du réseau (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins)

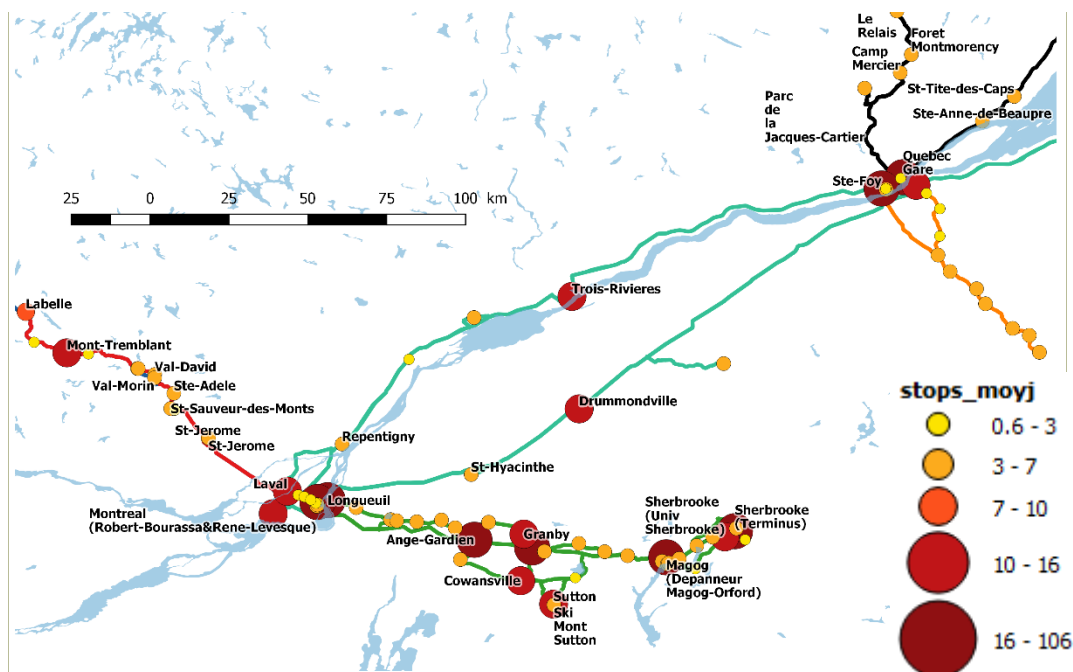


Figure 4.16 : Nombre de passages-arrêt quotidiens dans le centre du Québec : Laurentides, cantons de l'Est, Beauce et région de Montréal (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins)

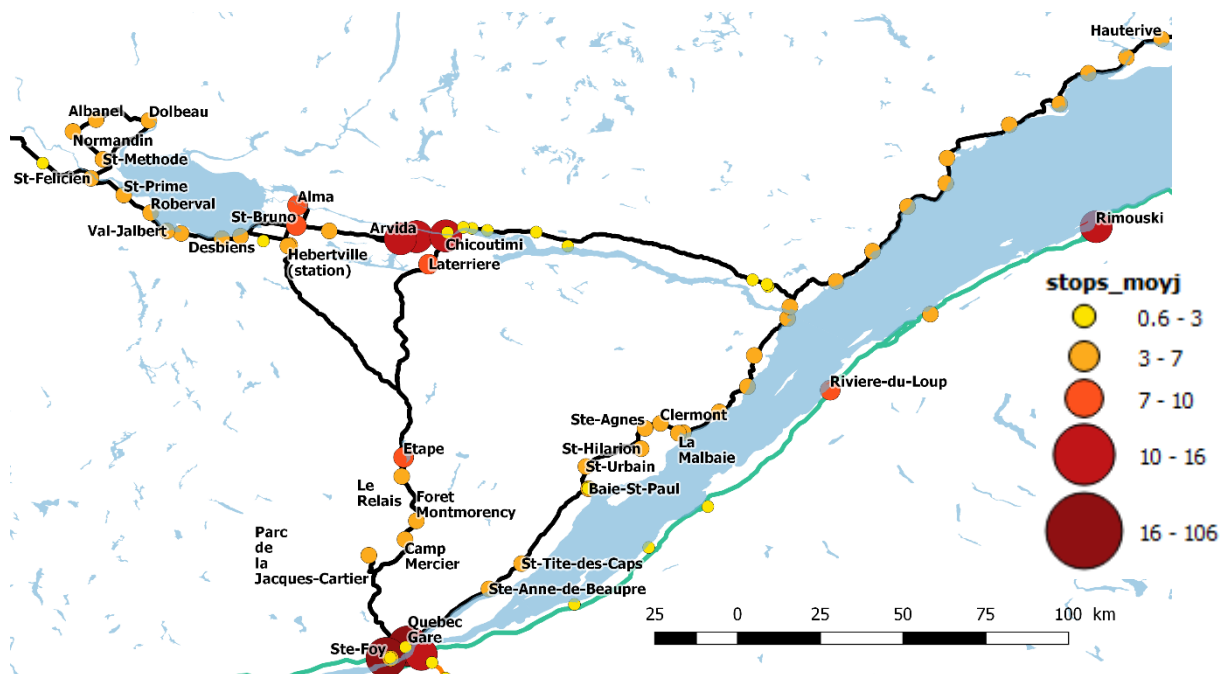


Figure 4.17 : Nombre de passages-arrêt quotidiens dans la région de la capitale provinciale, le Saguenay-Lac-St-Jean et la Beauce (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins)

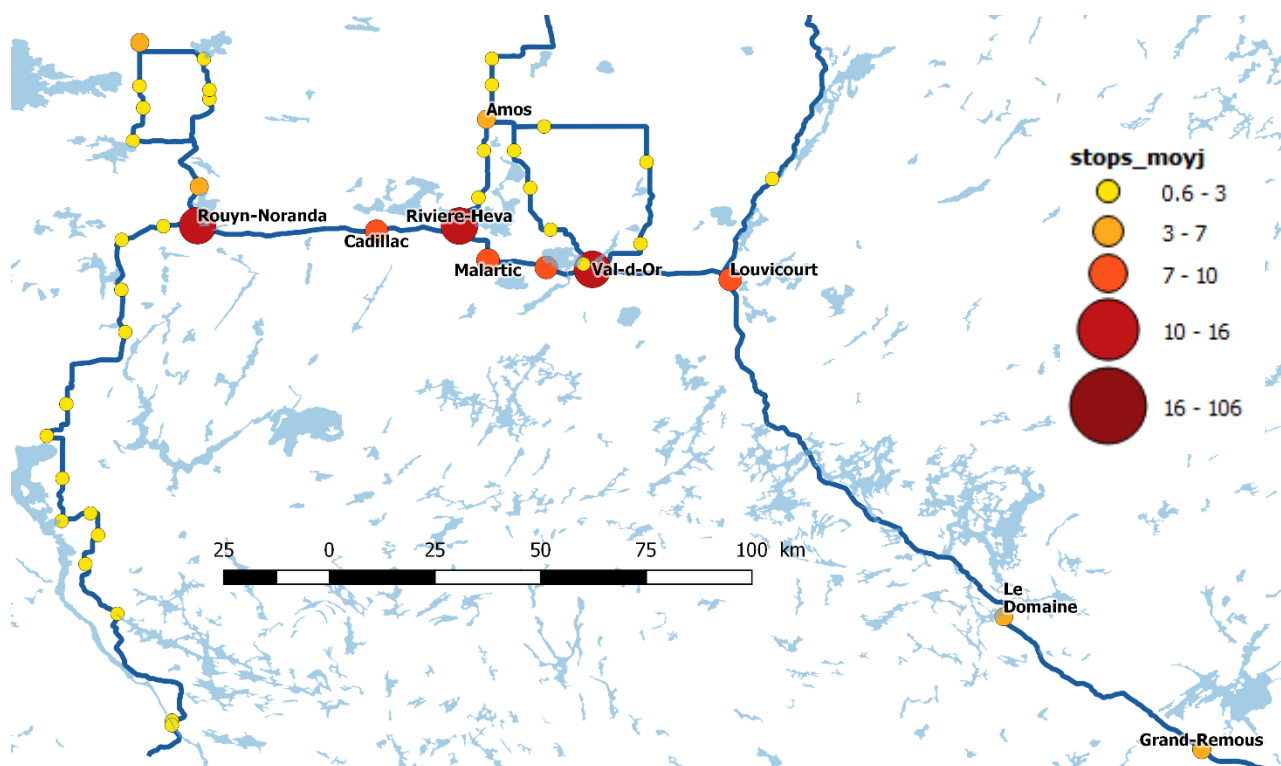


Figure 4.18 : Nombre de passages-arrêt quotidiens en Abitibi – Témiscamingue (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins)

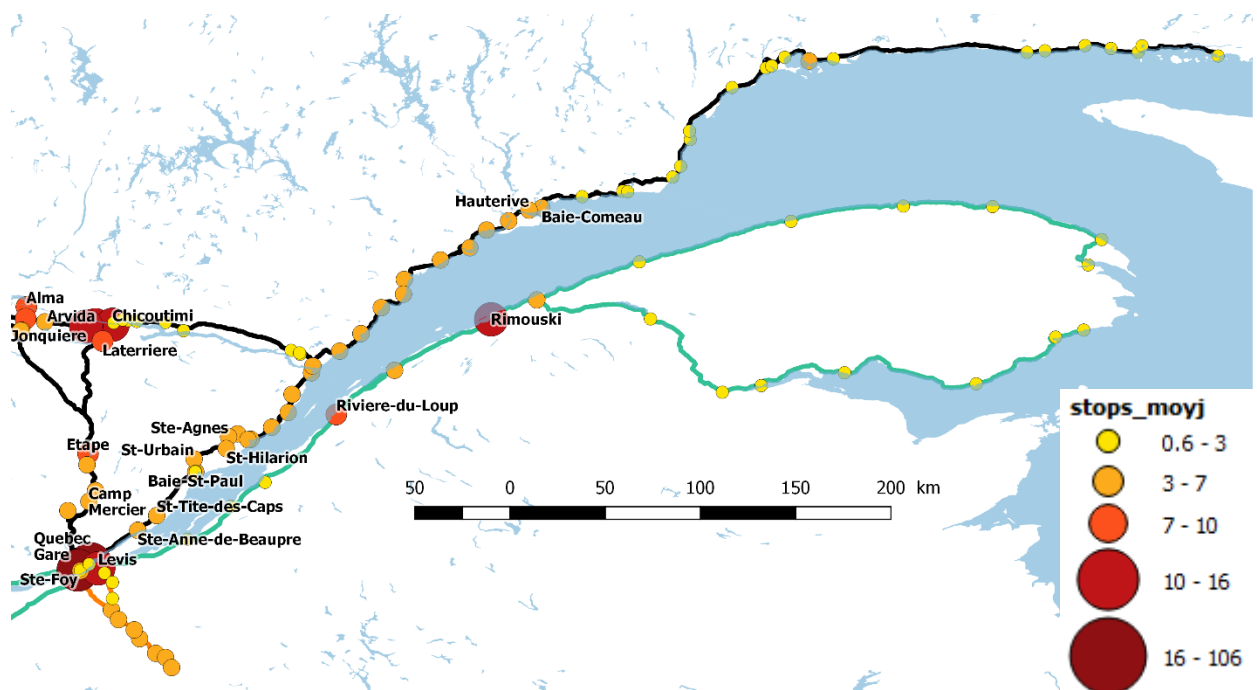


Figure 4.19 : Nombre de passages-arrêt quotidiens en Gaspésie et dans la Côte Nord (moyenne hebdomadaire par arrêt, juin 2016, réalisé par nos soins)

Analyse (I)

Tout d'abord, on peut identifier huit arrêts vraiment beaucoup plus desservis que les autres, avec chacun une moyenne supérieure à 24 passages-arrêt moyens quotidiens, c'est-à-dire 12 allers-retours par jour en moyenne ou plus. Il s'agit des gares d'autocar de Montréal, de Québec et de Sainte-Foy, des terminus de Longueuil et Sherbrooke et des arrêts à l'Autoparc 74, à Magog et à Ange-Gardien. À l'exception des trois derniers, qui sont trois situés sur l'axe Montréal – Sherbrooke, tous sont des points stratégiques où des transferts peuvent être effectués entre différents transporteurs et entre différentes lignes.

Ensuite, douze arrêts comptent en moyenne entre 12 et 15 passages-arrêt par jour (soit entre 6 et 8 allers-retours) : l'aéroport P.E. Trudeau à Montréal, Drummondville, Granby, Chicoutimi, Rouyn-Noranda, Val-d'Or, Levis, Arvida, Jonquière, Laval, Cowansville et Rimouski.

Enfin, les arrêts qui voient moins de passages-arrêt par jour sont beaucoup plus nombreux. Bien qu'ici aussi la généralisation soit à utiliser avec précaution, on peut remarquer qu'un certain nombre d'entre eux sont situés sur les lignes plus locales, au Saguenay et en Beauce notamment et dans des régions très éloignées des grands centres urbains comme la Côte-Nord, la Gaspésie et l'Abitibi. Cette catégorie intègre également les arrêts où seul le débarquement est autorisé, que l'on retrouve dans la région de Montréal et dans les Laurentides. Lorsque le nombre de passages-arrêt quotidiens est inférieur à 1, il s'agit d'arrêts pour lesquels le service n'est pas offert tous les jours. Parmi ceux-ci, on trouve notamment les arrêts « Lac-à-la-Croix », desservi les lundis, jeudis, vendredis et dimanches, qui compte une moyenne hebdomadaire de 0,6 passages par jour et « Sainte-Catherine-de-Hatley », avec une moyenne hebdomadaire de 0,8 passages par jour (un service par jour du lundi au jeudi, deux le vendredi et aucun le samedi et le dimanche).

Résultats (2) : Distribution du nombre de passages-arrêt

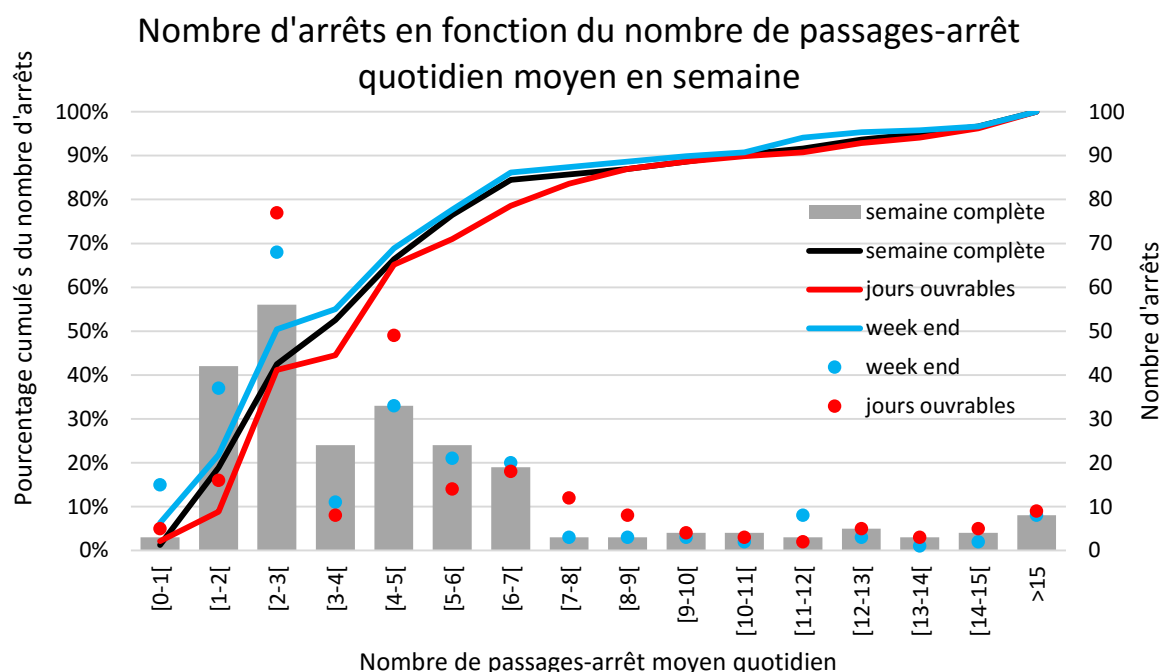


Figure 4.20 : Distribution du nombre d'arrêts en fonction du nombre moyen de passages quotidiens qu'ils accueillent au cours d'une semaine complète, pendant les jours ouvrables et durant la fin de semaine (réalisé par nos soins)

Les moyennes de ces distributions sont respectivement de 5.9, 6.2 et 5.1 pour la semaine complète, les jours ouvrables et le week-end et les médianes sont de 3.4, 4.0 et 2.5.

Analyse (2)

En ce qui concerne la distribution fréquentielle des passages-arrêt (Figure 4.20), on constate rapidement que plus de 40 % des arrêts sont desservis par strictement moins de trois passages-arrêt par jour en moyenne quelle que soit la partie de la semaine que l'on considère. De même, plus des trois-quarts des arrêts voient strictement moins de sept passages-arrêt par jour.

Or, il faut rappeler que les arrêts ne sont pas codés distinctement pour l'aller et le retour. Cela signifie donc que 40 % sont desservis par un aller-retour ou moins en moyenne chaque jour. Et qu'entre 79% et 86 % (le samedi et dimanche ou les jours ouvrables, respectivement) des arrêts comptent au maximum trois allers-retours par jour.

Ainsi, les fréquences en transport interurbain n'ont rien à voir avec celles du transport urbain, où une fréquence de 30 minutes entre deux passages offre un service considéré comme faible. Rappelons que si un bus passe toutes les 30 min entre 7h et 17h par exemple, il passera 20 fois à l'arrêt si on ne compte que l'aller de ses voyages.

Résultats (3) : Profil d'offre différentiel entre la semaine et la fin de semaine par arrêt

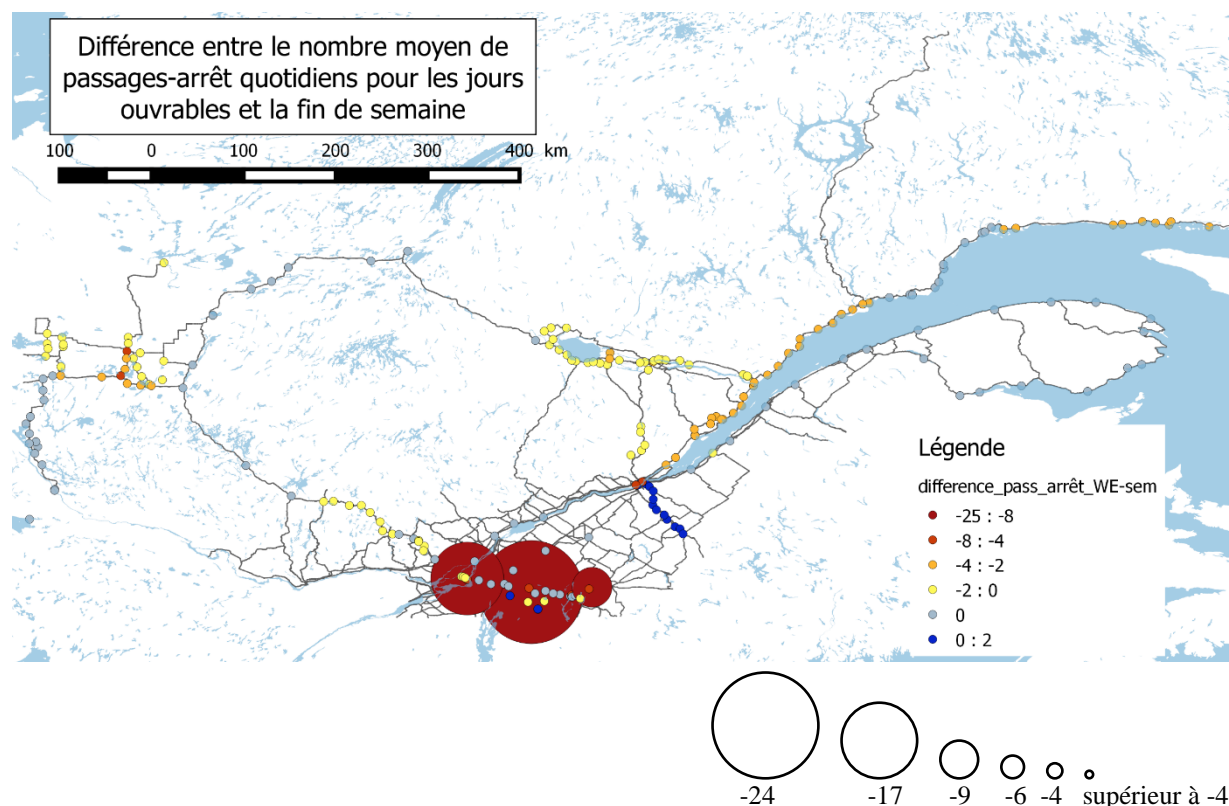


Figure 4.21 : Différence entre le nombre moyen de passages-arrêt quotidiens pour les jours ouvrables et durant la fin de semaine (réalisé par nos soins)

Analyse (3)

Les couleurs chaudes représentent les arrêts où le nombre de passages-arrêt diminue pendant la fin de semaine, le gris symbolise une variation nulle et le bleu un nombre plus important de passages-arrêt le week-end que la semaine.

On constate que les variations les plus fortes entre la semaine et le week-end sont observables au niveau du corridor Montréal – Sherbrooke, à savoir pour Montréal, l'Autoparc 74 et Sherbrooke, qui ont une fréquence beaucoup plus élevée durant les jours ouvrables. L'offre sur ce corridor est

dimensionnée pour répondre à la demande des navetteurs qui voyagent quotidiennement pendant la semaine, avec notamment des parcours express. Il n'est donc pas surprenant que l'offre diminue durant la fin de semaine sur ce corridor. Les autres variations sont moindres et touchent principalement les terminus sur les axes Montréal (Longueuil) – Québec (Sainte-Foy) et Amos – Rivière-Héva, ainsi qu'en d'autres arrêts du corridor mentionnés précédemment. Ces constats sont cohérents avec ceux observés sur la

Figure 4.14 A : A pour l'analyse par tronçon.

Étrangement, on remarque également que certains arrêts ont des fréquences plus élevées durant la fin de semaine qu'en semaine, de manière faible. Ils sont situés sur les lignes Québec – Saint-Georges et Brome-Missiquoi (à Farnham et Sutton). Ces lignes sont plus locales et l'offre correspond certainement à des voyages effectués durant la fin de semaine (aller le vendredi soir et retour le dimanche soir). Ces augmentations ne sont qu'anecdotiques, comme l'illustre la Figure 4.22, et elles ne touchent que 7 % des arrêts. Elles viennent compenser la diminution observée à d'autres arrêts du corridor.

Différence entre le nombre moyen de passages-arrêt quotidiens en fin de semaine par rapport à la semaine :
pourcentage d'arrêts ayant subi une variation

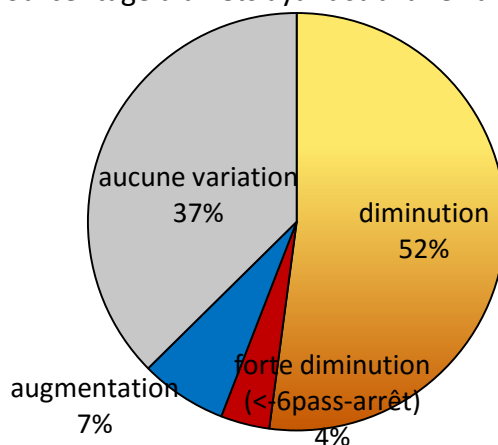


Figure 4.22 : Répartition des variations de l'offre entre les jours ouvrables et la fin de semaine
(réalisé par nos soins)

Sur cette figure, on constate qu'un peu plus du tiers des arrêts ne voit pas son nombre de passages-arrêt évoluer entre la fin de semaine et la semaine. La majorité des variations, qui touchent 52 % des arrêts, sont des diminutions de 0 à 6 passages-arrêt quotidiens.

4.2.3 Profils horaire et hebdomadaire des voyages

Après avoir observé la répartition spatiale des passages-arrêt, nous nous intéresserons à leur répartition temporelle. Plus exactement, cette partie traitera de la répartition du nombre de voyages quotidiens parmi les jours de la semaine, puis de la distribution horaire des départs et des arrivées. Chaque semaine, c'est 1321 départs qui ont lieu sur l'ensemble du réseau.

Méthode d'obtention

Pour déterminer la répartition des départs au cours de la semaine, les voyages ont été dénombrés pour chaque jour de la semaine. Le nombre de départs moyen a été calculé du lundi au vendredi (moyenne en semaine) et du lundi au dimanche (moyenne hebdomadaire). La variation par rapport à la moyenne est calculée par rapport à la moyenne en semaine.

Pour les graphiques suivants, l'heure de départ (respectivement l'heure d'arrivée) de chaque voyage est calculée, ainsi que sa validité hebdomadaire. Ensuite, pour chaque jour de la semaine et chaque heure, le nombre de voyages dont le départ (respectivement l'heure d'arrivée) a lieu dans l'intervalle horaire est calculé. Par exemple, pour un lundi pour l'heure 9, tous les voyages qui sont opérés les lundis et dont l'heure de départ est comprise entre 9h00 et 9h59 sont dénombrés, de même que le nombre d'arrivées. Le résultat est présenté sous forme d'un graphique de distribution du nombre de départs (respectivement du nombre d'arrivées) en fonction de l'heure.

Résultats (1) : Nombre de voyages par jour

Tableau 4.4 : Répartition hebdomadaire du nombre de voyages quotidiens (réalisé par nos soins)

Jour	Nombre total de trajets quotidiens	Variation // moyenne en semaine	Moyennes trajets quotidiens par période :
Lundi	203	1%	semaine complète
Mardi	191	-5%	188.7
Mercredi	191	-5%	jours ouvrables
Jeudi	205	2%	200.2
Vendredi	211	5%	fin de semaine
Samedi	146	-27%	160
Dimanche	174	-13%	

Analyse (1)

Du lundi au vendredi, les heures et nombres de départs varient assez peu, avec une moyenne de 200 départs par jour. Les mardis et mercredis comptent environ 5 % moins de départs que la moyenne en semaine, et les vendredis 5 % de plus. Durant la fin de semaine, le nombre de départs diminue respectivement de 27 et de 13 % le samedi et le dimanche. Cela s'explique par le fait qu'un certain nombre de services sont destinés aux navetteurs durant les jours ouvrables et qu'ils ne sont pas opérés durant la fin de semaine. Par ailleurs, le nombre de départs plus élevés le vendredi et le dimanche que le reste de la semaine et de la fin de semaine correspond au début et à la fin du week-end, qui sont des périodes propices pour faire des voyages de longue distance ou pour rentrer chez soi.

Résultats (2) : Nombre de départs et d'arrivées par heure

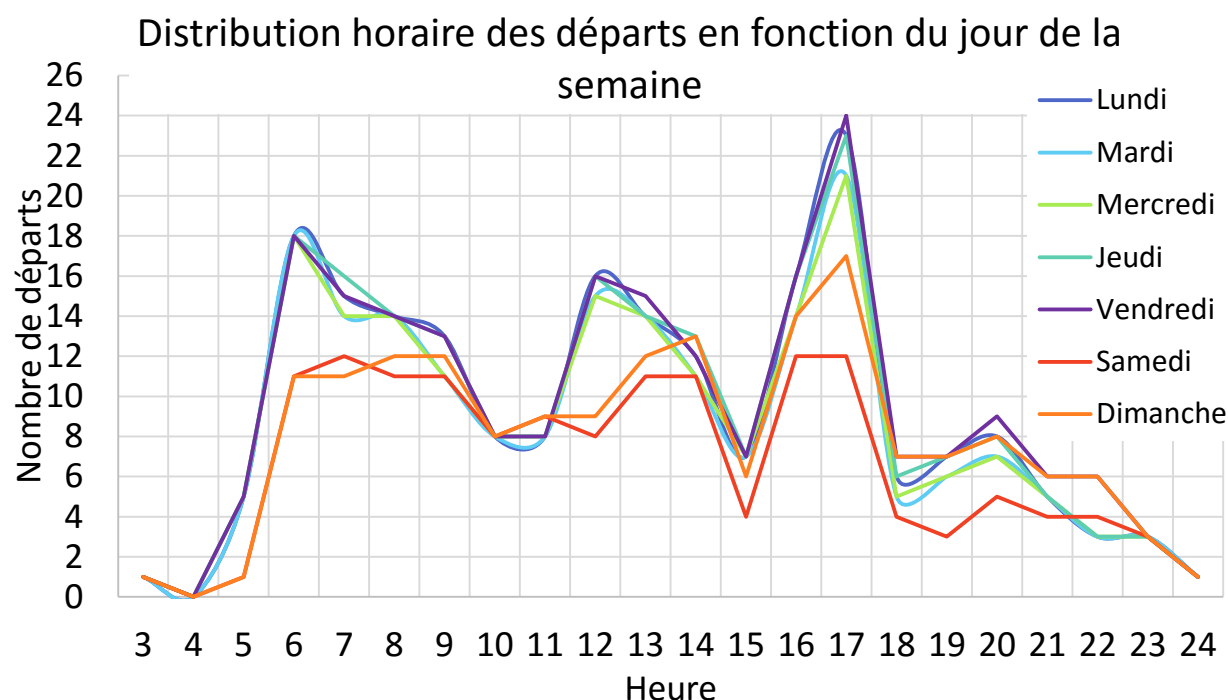


Figure 4.23 : Profil temporel de l'offre : distribution horaire des départs en fonction du jour de la semaine (réalisé par nos soins)

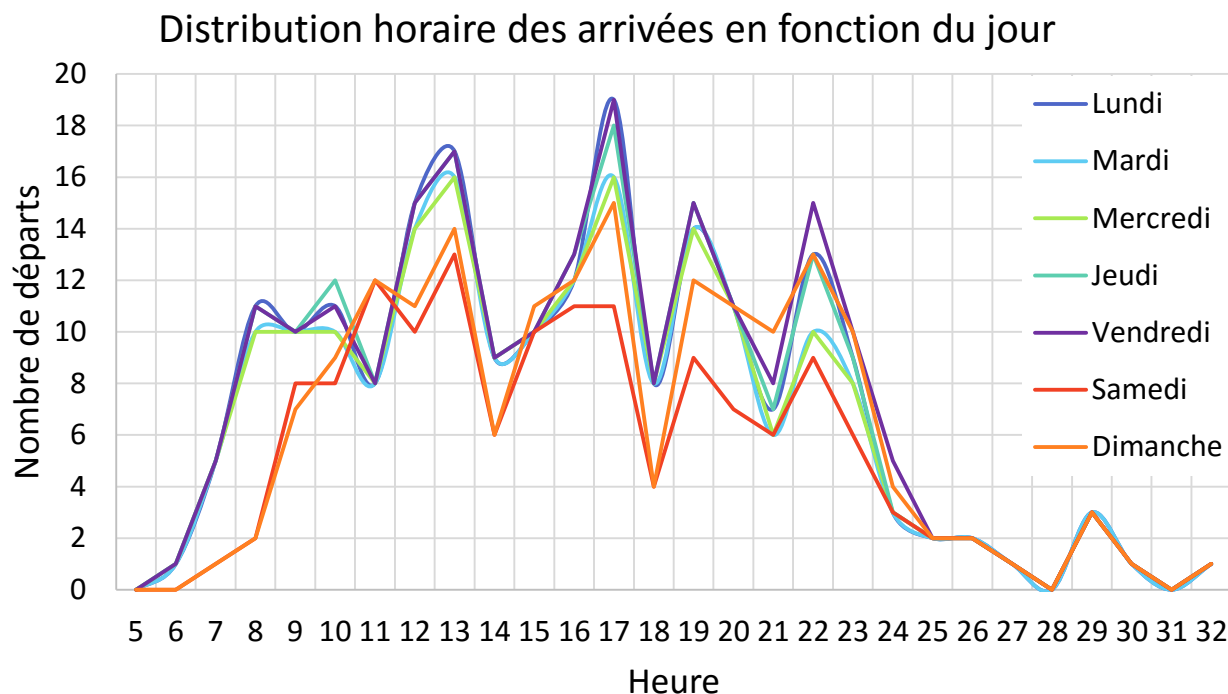


Figure 4.24 : Profil temporel de l'offre : distribution horaire des arrivées en fonction du jour de la semaine (réalisé par nos soins)

Analyse (2)

En semaine (couleurs froides), la répartition horaire des départs varie peu, sauf en soirée. A cette période (entre 20h et 23h), on compte un peu plus de départs le vendredi, et un peu moins le mardi et le mercredi. Cela vient confirmer les observations faites au niveau du nombre total de voyages hebdomadaires.

De plus, on observe tous les jours (mais de façon atténuée durant la fin de semaine) trois périodes de pointe de service : la première le matin s'étale de 6h à 10h, la seconde le midi se situe entre 12h et 15h et la dernière le soir est très concentrée entre 16h et 18h. Ces périodes ont des moyennes horaires de 11 à 24 départs par heure pour l'ensemble du réseau. Hors-pointe, il y a entre 5 et 8 départs par heure, et cette moyenne diminue progressivement à partir de 22h.

Durant la fin de semaine (couleurs chaudes), les départs sont moins nombreux d'une manière générale. On notera en particulier qu'il y a moins de départs très tôt le matin (entre 6h et 7h) et que les départs sont plus tardifs pendant la période du midi : en semaine, il y en a plus entre 12h et 14h, le week-end, il y en a plus entre 13h et 15h. Le samedi, la pointe de la fin d'après-midi est moins

marquée et les départs en soirée sont moins nombreux. Ces observations viennent appuyer et préciser celles faites précédemment à propos des différences entre la semaine et la fin de semaine.

Enfin, le départ apparaissant à l'heure 3 n'est pas une erreur, il s'agit d'un départ effectué tous les jours à 3h le matin à Lévis, qui permet aux voyageurs d'être arrivés à destination à 5h20 à Longueuil ou 5h40 à Montréal.

En ce qui concerne les horaires d'arrivées, il est difficile de distinguer des tendances aussi nettes que pour les arrivées. Quel que soit le jour, les arrivées sont fréquemment planifiées entre 12h et 14h, entre 16h et 18h et entre 19h et 23h. Il n'est pas surprenant que les arrivées soient prévues dans les plages horaires où il y a un grand nombre de départs, car une partie d'entre eux doivent être coordonnés afin de pouvoir réaliser des correspondances efficaces.

Les heures d'arrivées sont plus tardives en fin de semaine (elles commencent à être très nombreuses à partir de 9h) que du lundi au vendredi (à partir de 8h principalement). Pour le reste de la journée, les arrivées sont moins nombreuses, mais leurs variations sont relativement similaires aux autres jours. On peut noter un nombre plus faible d'arrivées en fin d'après-midi et en soirée le samedi et au contraire une augmentation à ces périodes le dimanche soir.

4.2.4 Opportunités et connectivité

Outre le nombre de départs et les passages-arrêt, il existe un autre outil pour estimer et qualifier l'offre de transport en commun. Fortin (2016) a développé une méthode permettant de calculer le nombre d'opportunités, afin de « de prendre en considération la fréquence de passage et les destinations accessibles ». Rappelons que les opportunités représentent le nombre d'arrêts qu'il est possible d'atteindre à partir d'un arrêt de départ, pour une plage horaire de départ fixée et dans une limite de temps fixée. La limite de temps utilisée pour effectuer les analyses sur un réseau de transport en commun urbain est de deux heures. Comme les voyages en transport interurbain sont généralement plus longs, d'autres limites de temps plus longues ont été testées.

Méthode d'obtention

Cette méthode a été appliquée pour chacun des arrêts du réseau pour un lundi moyen de juin. Les plages horaires de départ sont d'une durée d'une heure. Les limites de temps testées sont de 2h, 3h, 4h, 6h, 8h et 24h. Les opportunités pour chaque arrêt sont dénombrées pour chaque limite de temps,

puis ce nombre est agrégé par tranche d'une heure. Les opportunités réalisables uniquement à la marche et celles à destination de l'arrêt de départ ont été écartées.

La Figure 4.25 représente le degré de connectivité du réseau. Le degré de connectivité est le rapport entre le nombre de paires d'arrêts connectés et le nombre de paires d'arrêts total. Les paires d'arrêts connectés sont issues du dénombrement unique des paires d'arrêts pour lesquelles il existe une opportunité dont l'heure de départ est incluse dans la tranche horaire considérée et dont la durée ne dépasse pas la limite de temps imposée.

4.2.4.1 Degré de connectivité

Résultats : Degré de connectivité

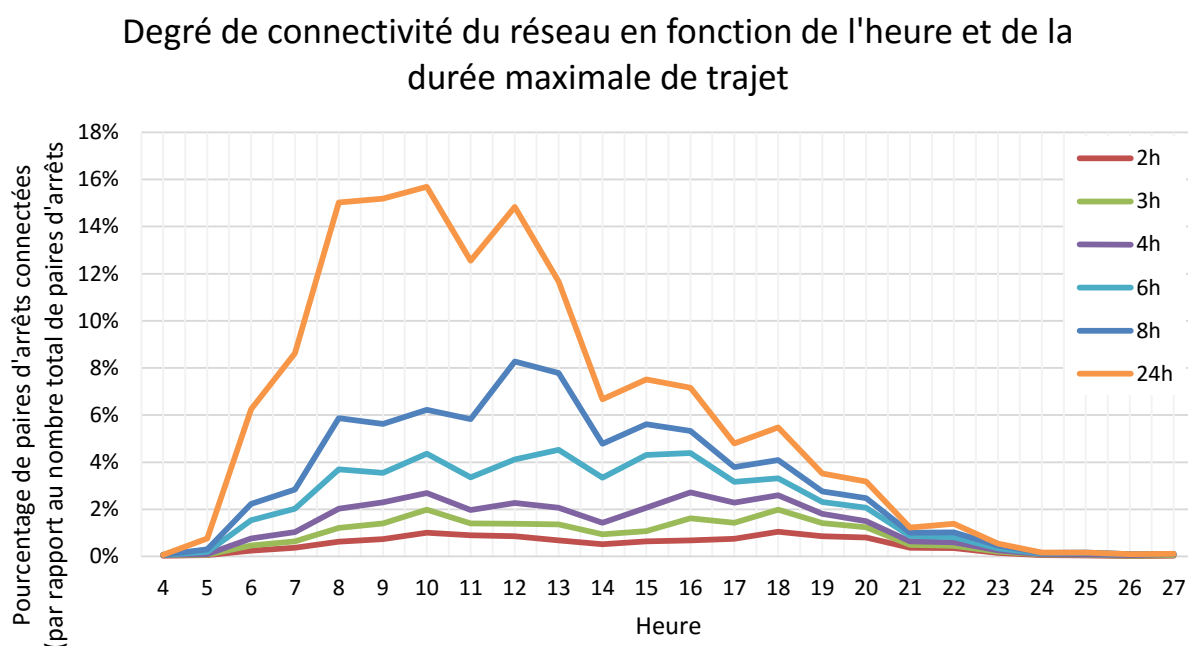


Figure 4.25 : Degré de connectivité du réseau en fonction de l'heure pour différentes limites de temps (2h, 3h, 4h, 6h, 8h et 24h) (réalisé par nos soins)

Les plages horaires sont à lire de la manière suivante : 5 correspond à la plage horaire comprise entre 05 :00 :00 et 05 :59 :59.

Analyse

La Figure 4.25 vise à déterminer le degré de connectivité et la limite de temps la plus appropriée pour mener la suite des analyses portant sur les opportunités. Tout d'abord, on constate que le degré

de connectivité du réseau interurbain par autocar est faible, puisqu'il atteint un maximum de 15,7% lorsque la limite de temps imposée est de 24h et il est toujours inférieur à 5 % pour un temps limite de 6 h. À titre de comparaison, Fortin obtenait des valeurs de connectivité des arrêts variant entre 50 et 70 % dans le cas du réseau urbain de la Société de Transports de l'Outaouais pour une limite de 2h.

Ensuite, pour ce qui est du choix de la limite de temps à considérer, l'intervalle de 4h est retenu. En effet, les valeurs inférieures laissent trop peu de temps pour réaliser les voyages les plus longs. De plus, les valeurs supérieures ne permettent pas d'observer les mêmes tendances horaires puisqu'on constate un pic de connectivité aux alentours de midi pour les limites de temps supérieures à 6h, lequel n'est pas présent pour les limites de temps inférieures.

Par ailleurs, la méthode de calcul développée par Fortin a été pensée pour des intervalles d'opportunités de deux heures et elle ne permet pas de faire des calculs pour le jour suivant. Cela explique le phénomène de pic de connectivité observable en matinée à partir de 6h pour la durée maximale de trajet de 24h et les résultats beaucoup plus faibles observables en soirée.

4.2.4.2 Répartition temporelle des opportunités

Résultats : Répartition temporelle des opportunités

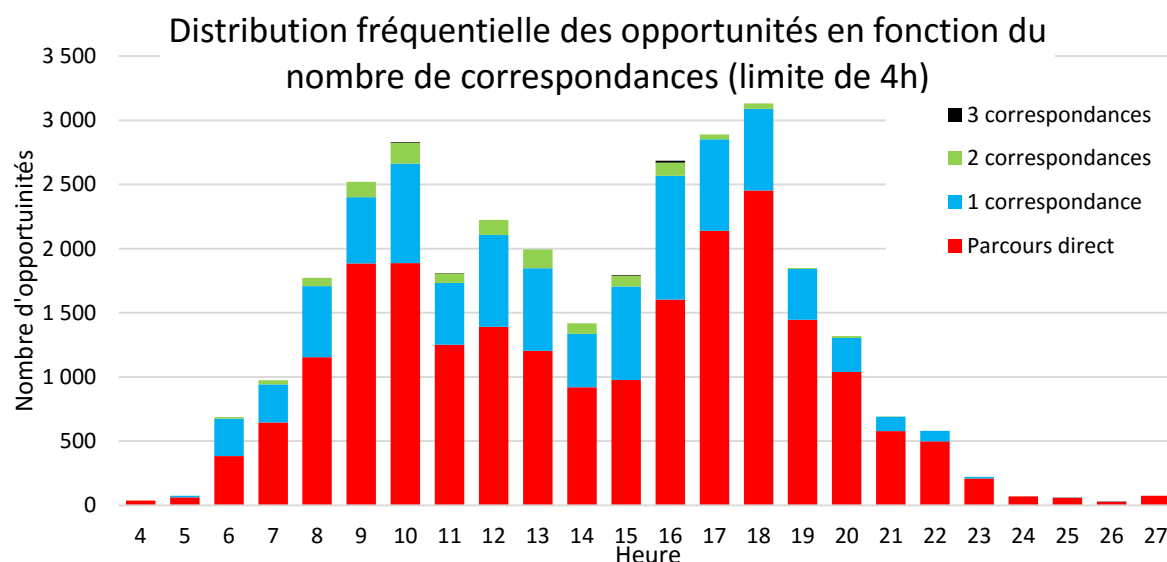


Figure 4.26 : Nombre total d'opportunités du réseau en fonction de l'heure et du nombre de transferts pour un intervalle limite de 4h (réalisé par nos soins)

Analyse

Sur ce graphique (Figure 4.26), on constate que les opportunités correspondent en majorité (plus de 95 % quelle que soit la tranche horaire) à des trajets soit directs (en rouge), soit avec une seule correspondance (en bleu). Pour la limite de 4h considérée, il n'y a aucune opportunité impliquant plus de trois correspondances. Les mêmes constats ont été dressés pour des limites de temps supérieures : toujours plus de 80 et 65 % de trajets directs ou à une correspondance pour 6h et 8h respectivement et l'apparition de quelques opportunités utilisant quatre correspondances pour une limite de 8h seulement. Cela signifie que les arrêts les plus éloignés du réseau sont hors de portée.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène : des temps de trajet élevés liés aux longues distances ou liés à des durées de correspondance importantes ou à des départs planifiés par exemple en matinée et pour lesquels il faut attendre le lendemain pour atteindre l'arrêt désiré. Il faut préciser que les opportunités ne sont calculées que pour le jour-même.

Par ailleurs, le profil d'opportunités est marqué par deux périodes de pointe entre 9h et 11h le matin et entre 16h et 19h le soir, avec également une pointe plus faible de 12h à 14h. Bien que la période du matin soit plus tardive que celle que l'on observe généralement sur des profils de demande en transport, on peut dire que les opportunités semblent réparties pour répondre à la demande.

En ce qui concerne les opportunités, l'analyse temporelle n'est pas suffisante. En effet, elle peut être satisfaisante au niveau général mais il est important de s'assurer que les opportunités sont bien réparties dans l'espace.

4.2.4.3 Répartition spatiale des opportunités

La Figure 4.27 illustre la répartition spatiale des opportunités par arrêt sur l'ensemble du réseau et à l'échelle du corridor Québec – Montréal, pour l'ensemble de la journée un lundi avec une limite de 4h. L'analyse a préalablement été effectuée pour plusieurs tranches horaires en pointe et hors-pointe. La représentation pour l'ensemble des tranches horaires a été choisie parce que les phénomènes observables par tranche horaire y sont renforcés et que cela limite le nombre de cartes à comparer.

Résultats : Répartition spatiale des opportunités

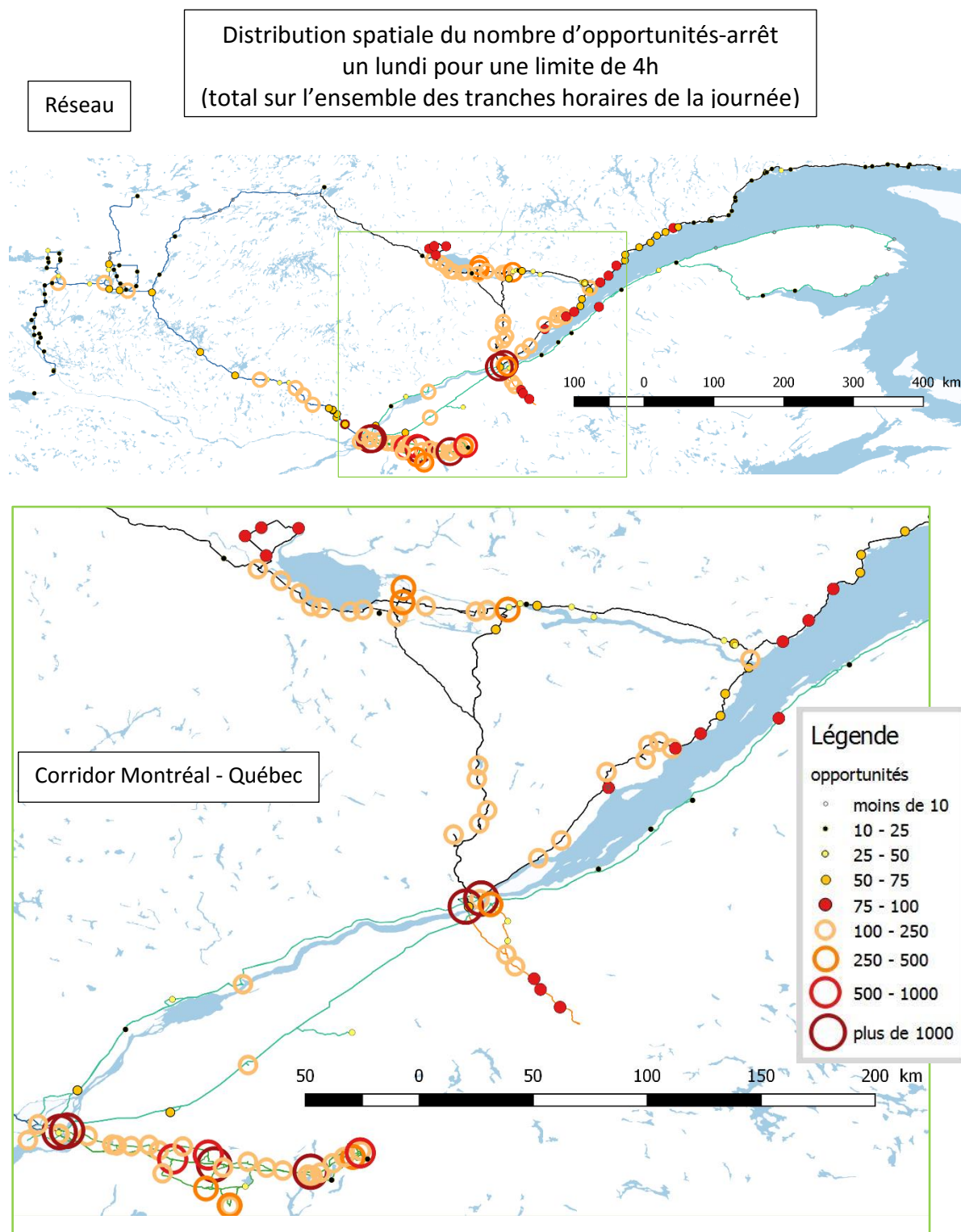


Figure 4.27 : Répartition spatiale des opportunités par arrêt pendant une journée pour une limite de 4h (réalisé par nos soins)

Analyse

Le premier constat que l'on peut tirer de la Figure 4.27 est que, sans surprise, les points qui sont les plus centraux et qui sont placés sur les lignes les plus desservies sont ceux qui bénéficient des opportunités les plus nombreuses, tandis que les points situés en périphérie en possèdent moins.

Parmi les corridors qui concentrent particulièrement les opportunités, on retrouve en tête de liste Montréal – Québec et Montréal – Sherbrooke. Viennent ensuite les corridors Dolbeau – Québec et Chicoutimi – Alma, ainsi que Québec – Tadoussac et Montréal – Rouyn-Noranda.

Les régions qui bénéficient du plus faible nombre d'opportunités sont principalement la Gaspésie, la Côte-Nord et une partie de l'Abitibi-Témiscamingue.

On peut observer assez directement l'impact de la fréquence sur le nombre d'opportunités, puisque les arrêts qui en détiennent le plus (Montréal, Québec, Sherbrooke, Longueuil et Sainte-Foy) ont été identifiés dans la section 4.2.2 comme des arrêts fortement desservis. Ces arrêts sont donc des lieux stratégiques pour le réseau.

L'analyse par tranche d'heure met en évidence l'impact qu'a l'heure de départ sur le nombre de destinations accessibles en un certain temps. Toujours avec la même limite de 4h, si on regarde les cartes pour des tranches d'heures successives, on peut observer une progression des opportunités dans l'espace le long d'une ligne telle que Sept-Îles – Baie-Comeau par exemple. En effet, comme un seul aller-retour est offert pendant la journée, le nombre d'opportunités pour un arrêt augmente subitement lorsque l'heure de passage de l'autocar est proche.

Ainsi, cette partie consacrée aux profils d'offre et d'opportunités tant spatiaux que temporels a permis de mettre en évidence des inégalités de desserte au cours de la journée et aussi entre les différentes régions du Québec et au sein d'une même région. La desserte est effectivement variable dans le temps à l'échelle d'une journée, avec des pointes horaires marquées le matin et en fin d'après-midi et une plus faible le midi. De plus, certains arrêts (Montréal, Québec, Sherbrooke, Longueuil et Sainte-Foy) concentrent les services et constituent de véritables points clés du réseau auxquels s'effectuent les correspondances, tandis que d'autres territoires, généralement plus locaux et plus éloignés du cœur du réseau, sont desservis à des fréquences beaucoup plus faibles et peuvent dépendre d'un unique voyage par jour.

Limites

L'analyse des opportunités telle que proposée par Fortin (2016) a un potentiel très important, mais cet indicateur ainsi que ses dérivés ne sont pas utilisés couramment dans la littérature. De ce fait, il existe très peu de références et aucune sur le transport interurbain, ce qui complique la tâche d'analyse des résultats. La détermination de la période limite pour les opportunités est critique en transport interurbain, car elle influence énormément les chiffres produits, de même que le fait de ne pas tenir compte des opportunités offertes le jour suivant (en particulier pour les limites de temps les plus élevées). En transport urbain, il est facile de considérer la limite de validité d'un titre pour un passage unique, qui est généralement de deux heures, mais ces titres n'existent pas en transport interurbain. De plus, en deux heures, un passager peut aussi bien attendre la prochaine correspondance que parcourir 150 km. L'indicateur du nombre d'opportunités-personnes n'a d'ailleurs pas été développé ici, car il est extrêmement difficile de le produire et de le justifier afin de lui donner du sens. De fait, non seulement la durée limite des opportunités est discutable, mais aussi le dénombrement de la population ayant un accès direct à chaque arrêt est compliqué par le fait que l'utilisation d'un rayon de 500 m ou d'un kilomètre autour de chaque arrêt n'est pas satisfaisant. Ces indicateurs ont donc un fort potentiel, qu'il reste à développer et à démocratiser.

Ainsi, la dernière section de cette partie aborde l'accessibilité depuis un arrêt vers l'ensemble des autres arrêts du réseau. Étant donné que les voyageurs ne commencent généralement pas leur voyage depuis un arrêt mais plutôt depuis leur domicile ou leur lieu d'activité et qu'ils ne se destinent pas en soi à un autre arrêt mais à un autre lieu, il est crucial d'aborder la question de l'accessibilité du réseau.

4.3 Analyse spatiale de l'accessibilité

Cette partie va approfondir la question de l'accès aux arrêts sous deux aspects, tout d'abord l'accessibilité démographique puis l'accessibilité aux arrêts.

4.3.1 Accessibilité généralisée de la population aux arrêts

Cette partie vise à caractériser et à quantifier l'accès de la population aux arrêts. Parmi les différents objets qui auraient pu être utilisés pour cette analyse, c'est l'aire de diffusion qui a été choisie. La définition donnée par Statistiques Canada (2011) est la suivante : « une aire de diffusion (AD) est

une petite unité géographique relativement stable formée d'un ou de plusieurs îlots de diffusion avoisinants. Il s'agit de la plus petite région géographique normalisée pour laquelle toutes les données du recensement sont diffusées. » Cela permet la plus grande précision possible pour localiser la population bien que les données soient agrégées afin d'assurer la confidentialité des informations. Un certain nombre d'aires de diffusions ainsi que leurs centroïdes, qui ont été calculés à l'aide du logiciel QGIS, sont illustrés à la Figure 4.28.

A une échelle plus petite, le réseau de transport interurbain dessert 212 municipalités parmi les 1133 que compte le Québec³⁷, soit un peu plus de 18 %.

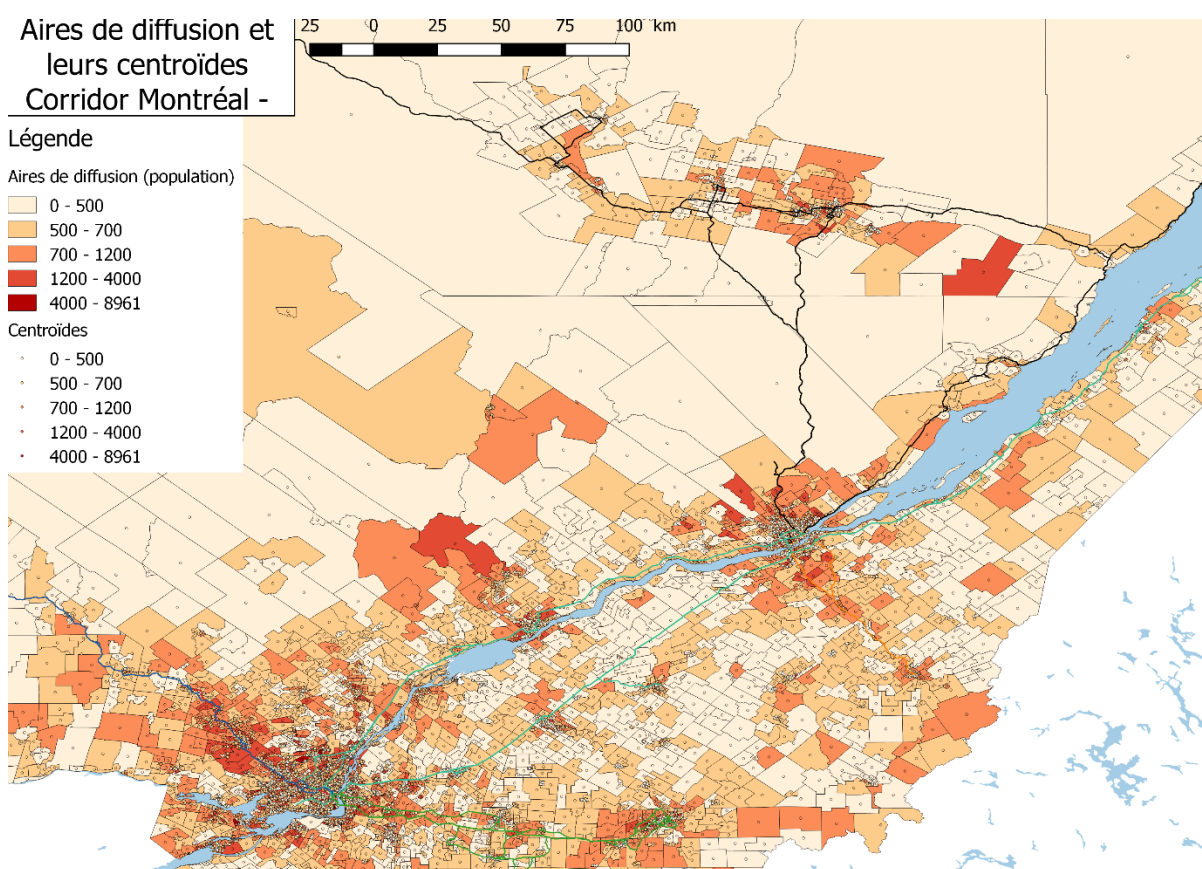


Figure 4.28 : Carte des aires de diffusion et de leurs centroïdes pour le corridor Montréal - Québec (réalisée par nos soins à partir des données issues de Recensement Canada 2011)

³⁷ Ministère des affaires Municipales et de l'occupation des territoires, http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/organisation_municipale/organisation_territoriale/organisation_municipale.pdf, consulté le 20/06/2016

Méthode d'obtention

Pour ce calcul, la population est dénombrée à partir des données du recensement canadien de 2011 (Statistiques Canada, 2011). On calcule, pour chaque aire de diffusion, la position de son centroïde et on repère l'arrêt de transport interurbain le plus proche. La distance entre le centroïde et l'arrêt est calculée à vol d'oiseau. L'effectif total de la population d'une aire de diffusion est attribué à son centroïde, avec toutes les limites que comporte cette approximation. Les personnes sont ensuite dénombrées en fonction de la distance à l'arrêt d'autocar le plus proche. À titre indicatif, la population au Québec en 2011 était de 7.9 millions de personnes.

Résultats : Distance de la population à l'arrêt interurbain le plus proche

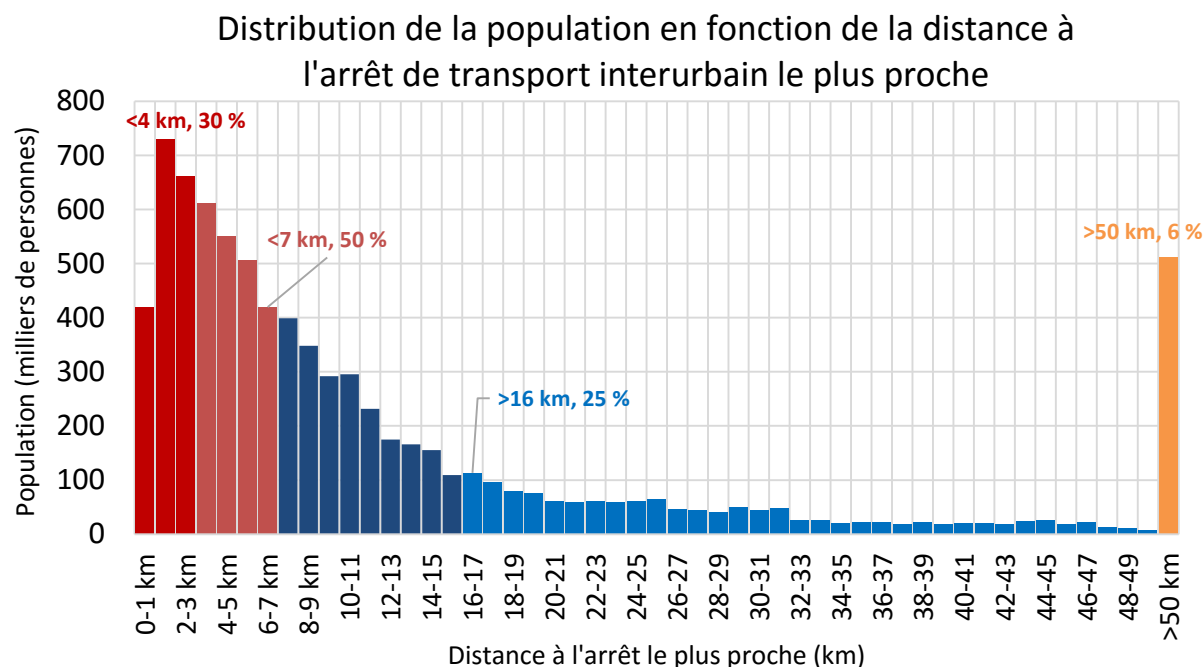


Figure 4.29 : Distribution de la population en fonction de la distance à l'arrêt interurbain le plus proche (réalisé par nos soins à partir des données Recensement Canada 2011)

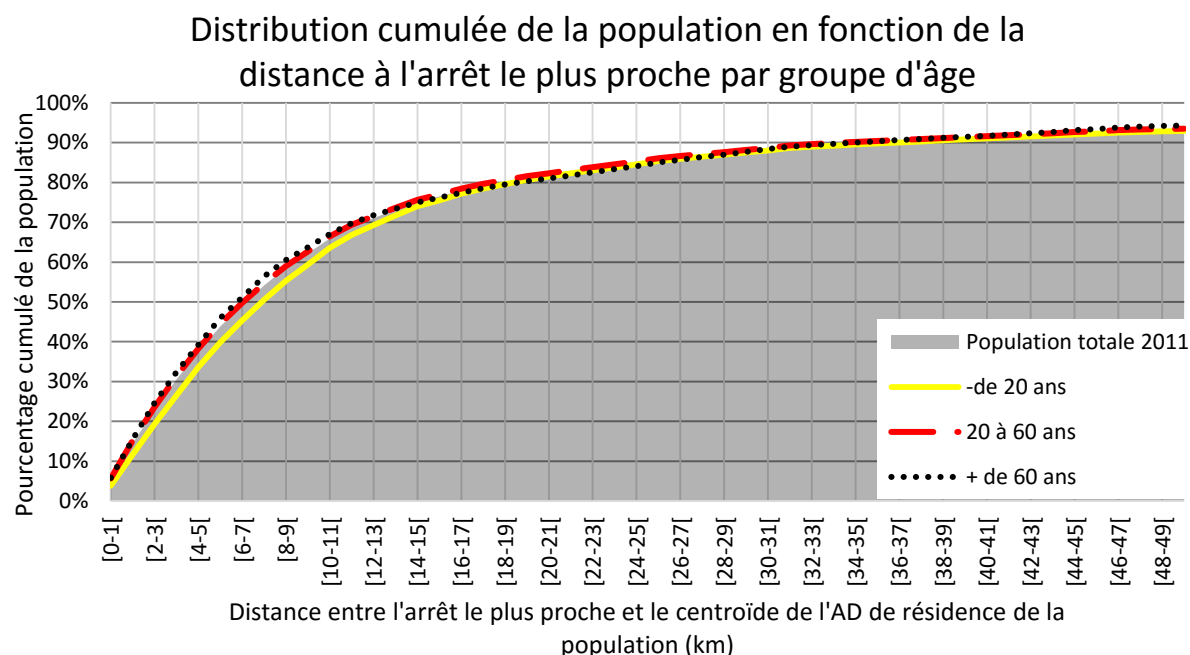


Figure 4.30 : Distribution cumulée de la population en fonction de la distance à l'arrêt interurbain le plus proche par groupe d'âge (réalisé par nos soins à partir des données Recensement Canada 2011)

Analyse

Comme on peut le voir sur la Figure 4.30, 30 % de la population réside à moins de 4 km d'un arrêt de transport interurbain et un peu plus de la moitié de la population réside à plus de 7 km de l'arrêt le plus proche. Par ailleurs, 75 % de la population vit dans une aire de diffusion dont le centroïde est situé à moins de 16 km de l'arrêt de transport interurbain le plus proche.

Le détail de la répartition de la population par tranche d'âge (les moins de 20 ans, les 20-40 ans et les plus de 60 ans) et par groupe de distance à l'arrêt le plus proche est présenté à la Figure 4.30.

On constate que les tendances observées pour les différentes tranches d'âge sont sensiblement les mêmes que celles observées pour la population totale. Les seules variations notables sont faibles et concernent les distances inférieures à 10 km, pour lesquelles le pourcentage de personnes de moins de 20 ans est inférieur à celui des plus de 60 ans. Par exemple, 51 % des moins de 20 ans vivent dans des aires de diffusion dont le centroïde est situé à moins de 8 km de l'arrêt le plus proche, alors que cette affirmation est vérifiée pour 56 % des plus de 60 ans, 55 % des 20-40 ans et 54 % de la population générale.

Ainsi, 11 % de la population est situé à distance marchable de moins de 1,6 km, soit un mille (18 % vivent à moins de 2.5 km) et 44 % vivent à distance cyclable (moins de 6 km) d'un arrêt de transport interurbain par autocar. Ces distances ont été estimées pour 30 min de voyage à des vitesses respectives de 5 et 12 km/h. Pour rappel, la distance entre le domicile et l'arrêt le plus proche est calculée à vol d'oiseau et ne correspond pas à la distance arrêt – domicile mais à la distance arrêt – centroïde de l'aire de diffusion.

Il est donc particulièrement intéressant de s'intéresser à la facilité d'accès aux arrêts pour différents modes de transport, car cela peut beaucoup influencer le temps de parcours total entre une origine et une destination et par conséquent le choix du mode de transport par autocar à la place d'un autre mode.

4.3.2 Accessibilité aux terminus et aux gares d'autocar

Cette sous-partie introduit et illustre la méthode d'obtention de cartes isochrones d'accessibilité pour un arrêt. Elle s'appuie sur l'exemple du corridor Montréal-Québec et sur ses deux terminus principaux, à savoir les gares d'autocar de Montréal et de Québec. Cette analyse vise à qualifier l'accès aux arrêts pour les différents modes que sont la marche, le vélo et la voiture.

Méthode d'obtention

Le travail de création des cartes isochrones a été entièrement réalisé avec le logiciel QGIS. La méthode d'opération est la suivante :

- créer des zones tampon autour des gares d'autocars de Montréal et de Québec,
- créer des points réguliers à l'intérieur de ces zones en fonction de la densité souhaitée ou de la distance fixée entre les points,
- calculer le chemin le plus court entre chaque point et la gare pour chaque mode à l'aide du calculateur de la Chaire de Mobilité (les trajets en voiture sont effectués en écoulement libre et ne tiennent pas compte de la congestion),
- importer le résultat dans QGIS et lui appliquer un traitement à l'aide du plugin Contour. Cette application permet de relier les points par des isolignes pour les valeurs d'un champ choisi (ici le temps de parcours, par groupe d'une minute). Le résultat s'affiche sous forme d'isolignes ou

de polygones que l'on peut ensuite colorer en fonction du temps de parcours (il est conseillé de grouper les valeurs pour plus de lisibilité),

- visualiser (l'ajout d'un fonds de carte ou du réseau routier est conseillé) et exporter le résultat obtenu.

Le résultat est présenté sous forme de cartes isochrones des temps d'accès aux gares de Montréal et de Québec, pour les modes marche, voiture et vélo. Pour chaque carte, les temps d'accès à la gare depuis environ 10 000 points ont été calculés.

Pour le transport en commun, la méthode de calcul est un peu différente. L'emploi du calculateur a été inversé afin d'identifier tous les arrêts permettant l'accès à un point (la gare d'étude) avant une heure donnée et dans un intervalle de temps fixé. Les arrêts sont ceux des réseaux de transport en commun dont le GTFS est accessible en ligne (cf. Tableau 3.4). Les modes de transport en commun sont donc le bus, le métro et le train, en fonction des modes disponibles dans la ville considérée. En ce qui concerne Québec, il est important de noter que les fichiers GTFS de la Société de Transport de Lévis ne sont pas en accès ouvert, ce qui limite l'analyse. Les calculs ont été effectués pour un jeudi de juin 2016.

Résultats (1) : Cartes d'accessibilité aux gares de Montréal et Québec (échelle large marche et voiture)

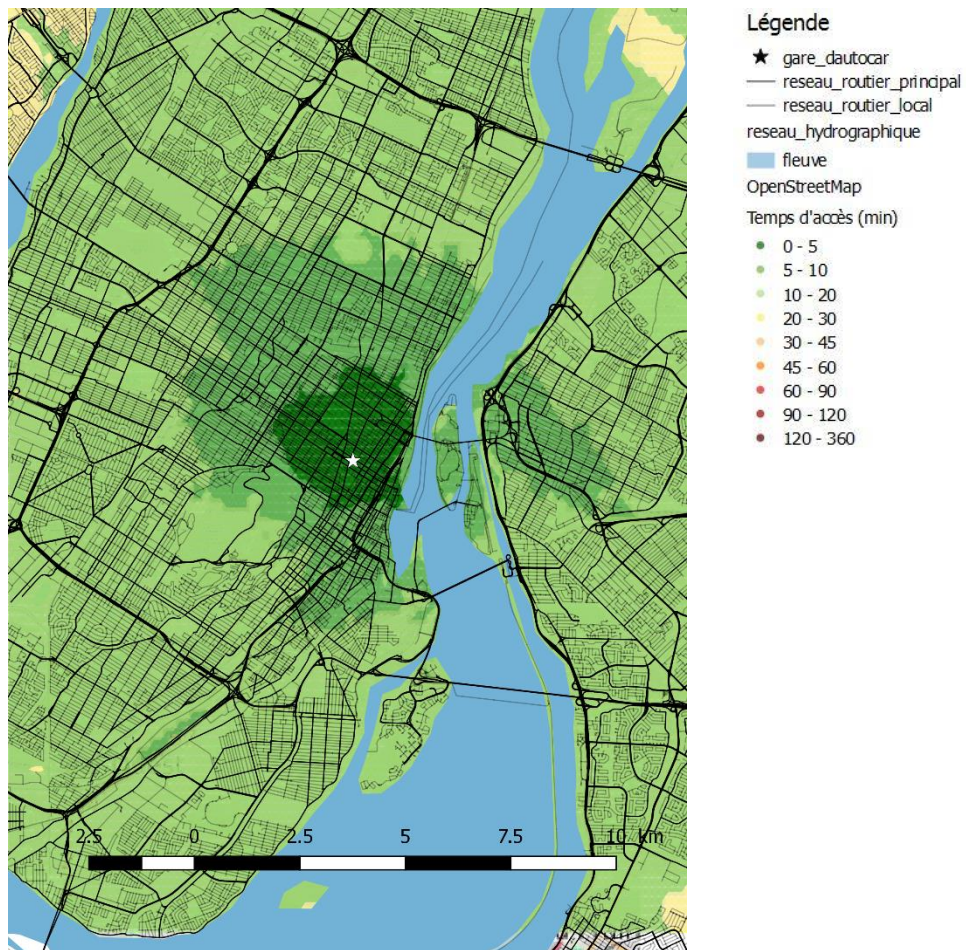


Figure 4.31 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en voiture en écoulement libre (réalisée par nos soins)

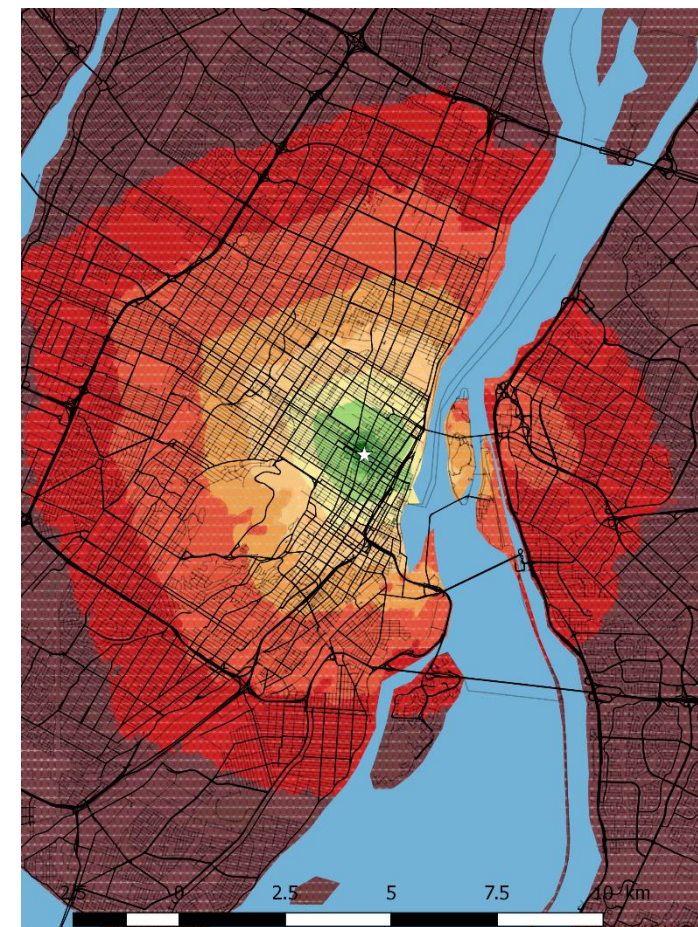


Figure 4.32 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal à pied (réalisée par nos soins)

Remarque : La largeur de chaque carte est d'environ 15 km, et l'intervalle entre deux points est d'environ 150 m.

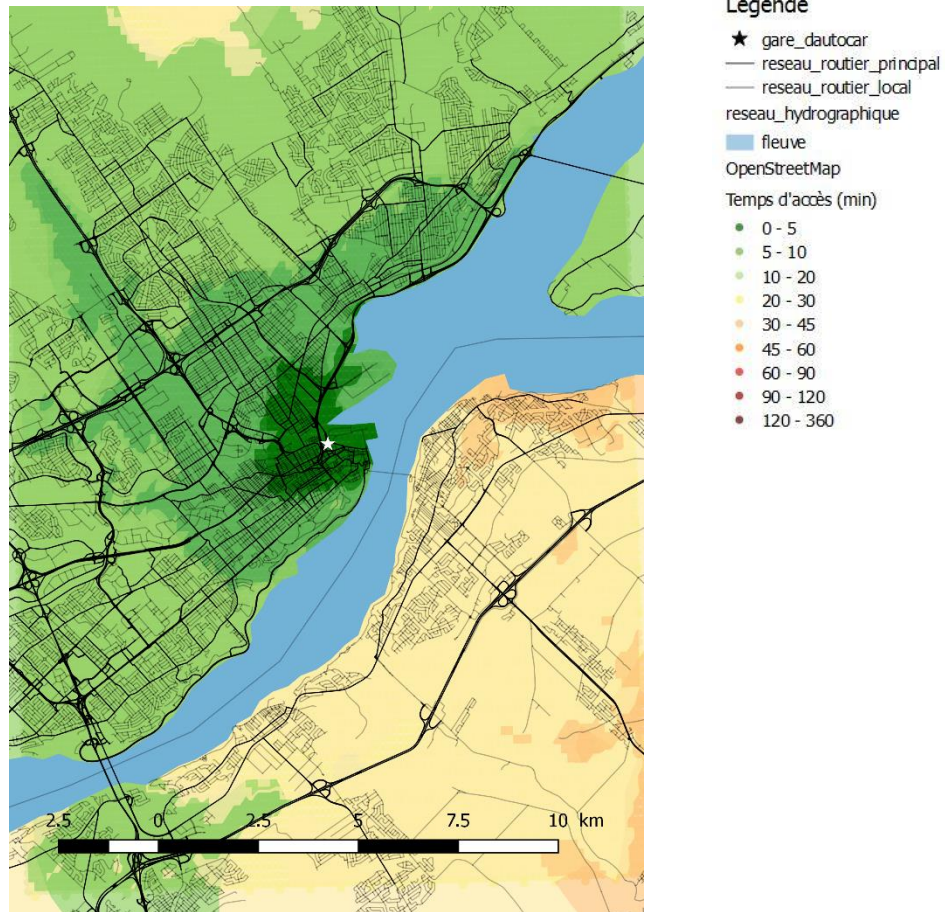


Figure 4.33 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en voiture en écoulement libre (réalisée par nos soins)

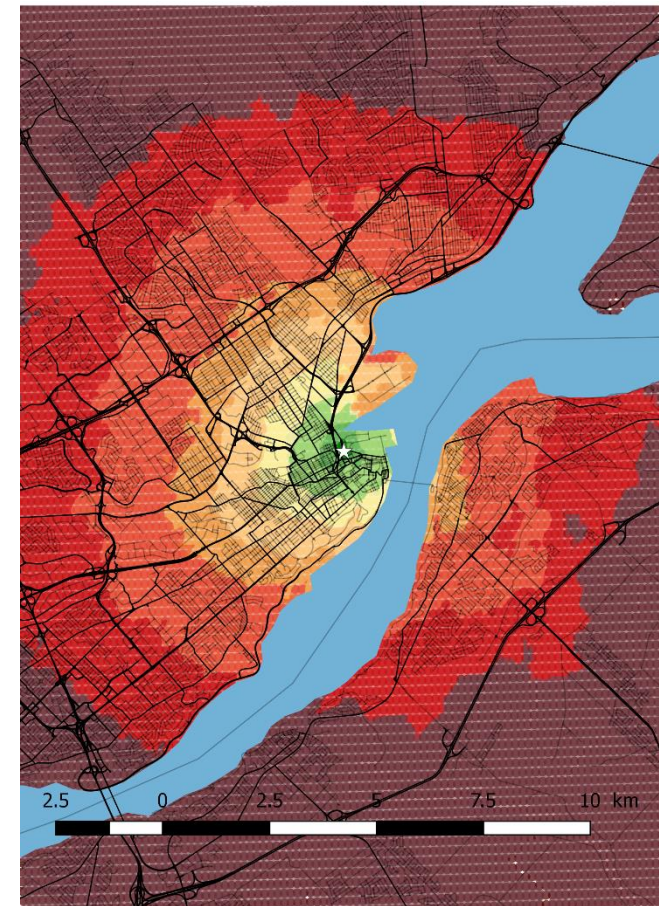


Figure 4.34 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec à pied (réalisée par nos soins)

Remarque : La largeur de chaque carte est d'environ 15 km, et l'intervalle entre deux points est d'environ 150 m.

Analyse (1)

Pour chaque paire de cartes, on constate que les échelles d'accessibilité en voiture en à pied ne sont pas du tout comparables, aussi bien à Montréal (Figure 4.31 et Figure 4.32) qu'à Québec (Figure 4.33 et Figure 4.34). Dans les deux cas, la surface des zones qui permettent l'accès à la gare en moins de 30 min, représentées en vert et jaune, est beaucoup plus élevée en voiture qu'à pied. Seuls les abords immédiats de la gare sont accessibles dans un temps raisonnable à la marche et plus de la moitié des territoires d'étude semble être située à plus de 60 minutes à pied (zones colorées en rouge et en bordeaux).

En revanche, l'ensemble des points situés sur la carte de Montréal et une grande majorité de ceux de la carte de Québec permettent d'atteindre la gare en moins d'une demi-heure en voiture. Il est néanmoins important de rappeler que les calculs de temps de trajet ne tiennent pas compte de la congestion, qui peut avoir une influence considérable en heure de pointe à Montréal. Afin de mieux caractériser le territoire réellement accessible en voiture, un changement d'échelle s'impose donc. Le mode automobile est traité par la suite à une plus petite échelle pour chacune des deux villes. Les deux cartes qui suivent (Figure 4.35 et Figure 4.36) ont été réalisées pour avoir un meilleur aperçu de l'accessibilité en automobile. La largeur totale de chacune de ces deux prochaines cartes est de 75 km et les points ont été placés tous les kilomètres environ.

Par ailleurs, on observe, sur les quatre cartes ci-dessus, un effet de coupure engendré par le fleuve quel que soit le mode de transport. Ce phénomène est plus marqué à Québec qu'à Montréal, et est particulièrement flagrant en voiture. Cela s'explique par le fait que la gare d'autocars de Québec est plus proche du fleuve et que la seule option pour franchir le Saint-Laurent rapidement est d'utiliser le traversier. L'accès depuis Lévis, sur la rive sud, impose sinon de passer à l'ouest par le pont Pierre-Laporte ou à l'est par le pont de l'Île d'Orléans, ce qui représente un détour considérable. Les ponts sont plus proches les uns des autres à Montréal, ce qui atténue l'effet de coupure observé. Ainsi, le Pont Jacques-Cartier relie directement le quartier de la gare à Longueuil, sur la rive sud du fleuve.

Résultats (2) : Cartes d'accessibilité aux gares de Montréal et Québec (échelle réduite vélo et voiture)

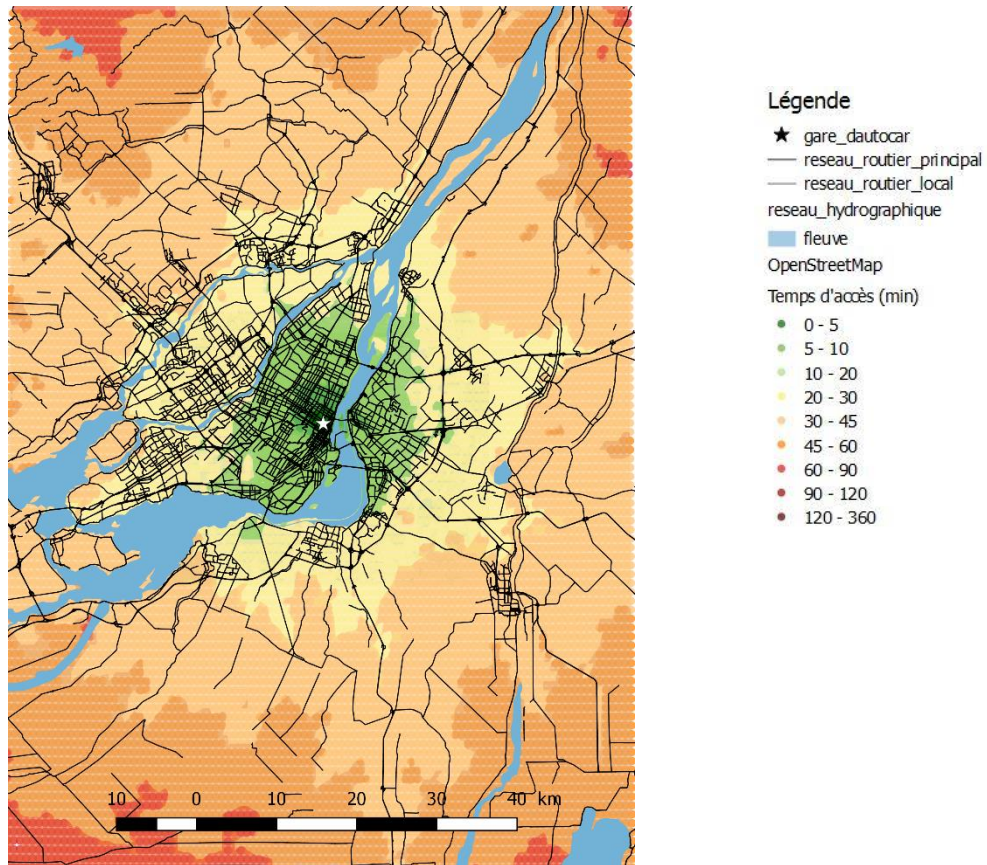


Figure 4.35 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en voiture (échelle large) (réalisée par nos soins)

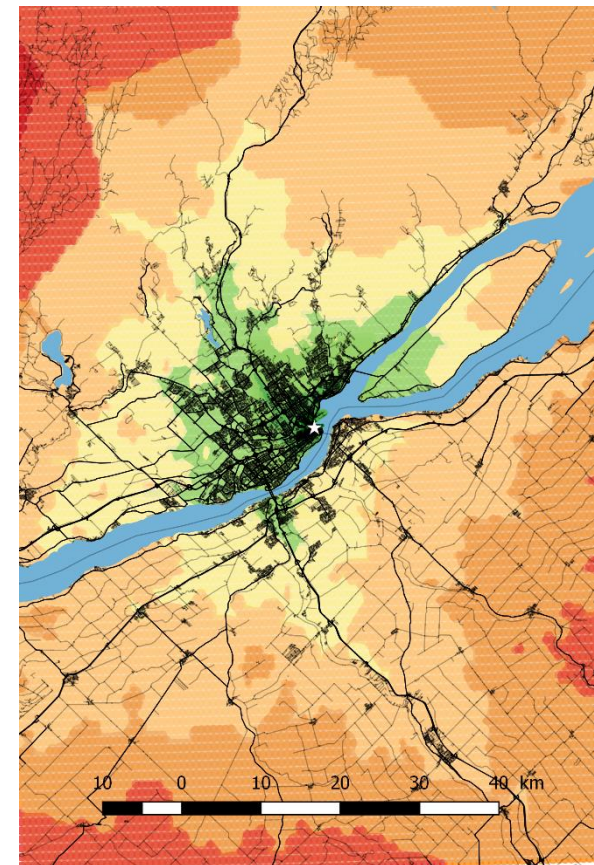


Figure 4.36 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en voiture (échelle large) (réalisée par nos soins)

Remarques : Le réseau routier local n'est pas représenté sur la Figure 4.35 par souci de lisibilité. La largeur de chaque carte est d'environ 75 km, et l'espacement entre les points est d'environ 1 km.

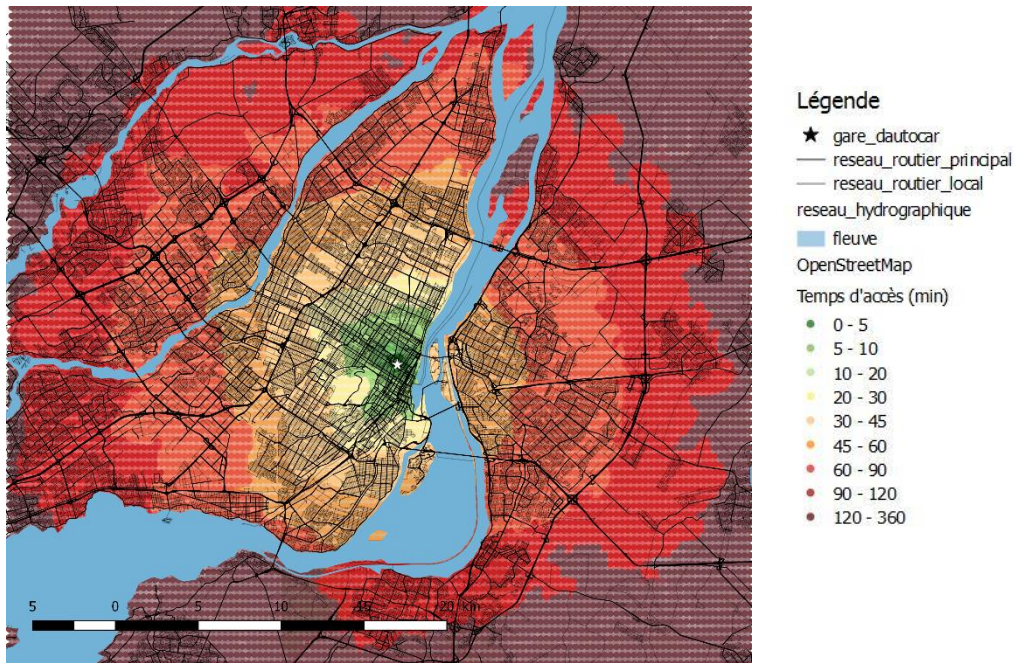


Figure 4.37 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en vélo (réalisée par nos soins)

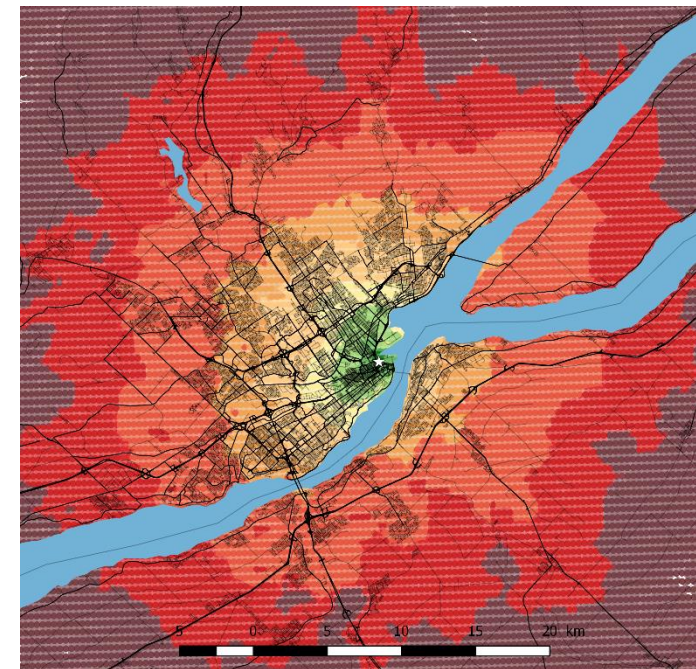


Figure 4.38 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en vélo (réalisée par nos soins)

Remarques : La largeur de chaque carte est d'environ 45 km, et l'espace entre les points est d'environ 350 m.

Analyse (2)

Comme on s’y attendait, les zones qui permettent un accès en voiture sont beaucoup plus étendues que le seul centre-ville de Montréal et de Québec. Elles comprennent respectivement l’île de Laval au nord de Montréal ainsi que Longueuil et les autres municipalités proches de la rive sud ; et une grande partie de l’agglomération de Québec comprenant, entre autres, Sainte-Foy et Lévis.

De plus, la Figure 4.35 et la Figure 4.36 illustrent particulièrement bien le rôle primordial que jouent les autoroutes et les ponts dans l’accessibilité en automobile. En effet, les zones permettant un accès en moins de 20 min aux gares d’autocar sont situées soit à proximité du terminus, soit le long des autoroutes.

La Figure 4.37 et la Figure 4.38 démontrent que le vélo permet d’atteindre des distances intermédiaires entre la marche et la voiture. Notamment, la plupart des points accessibles en moins de 60 min à la marche le sont en moins de 30 min en vélo. Par ailleurs, comme évoqué précédemment, l’accès à la rive sud est compliqué pour le mode vélo tant à Québec qu’à Montréal.

Cependant, le passager ne dispose pas toujours d’une voiture ou d’un vélo pour commencer et terminer son déplacement. Afin de mieux connaître le potentiel d’accessibilité pour ces voyageurs-là, la création de cartes isochrones pour le transport en commun permet de compléter cette analyse.

Résultats (3) : Cartes d’accessibilité aux gares de Montréal et Québec (transport en commun)

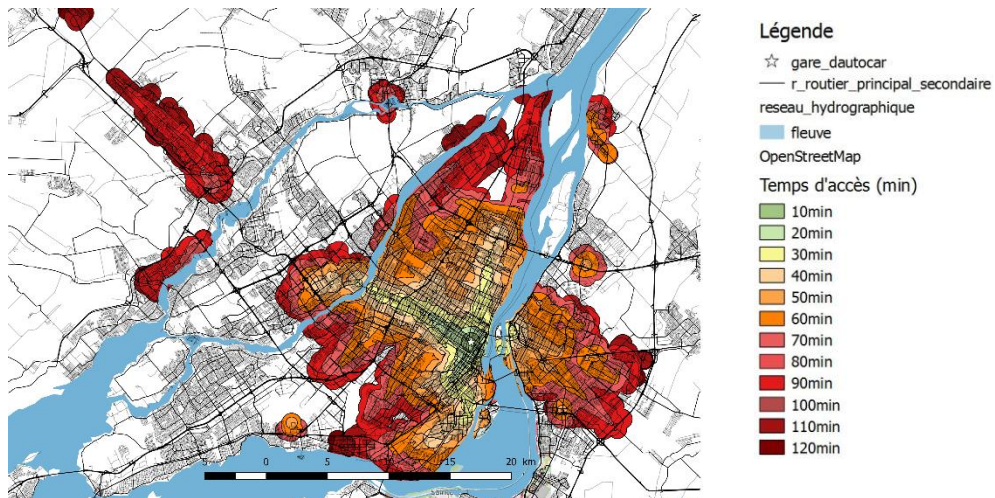


Figure 4.39 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en transport en commun à 6h00 (réalisée par nos soins)

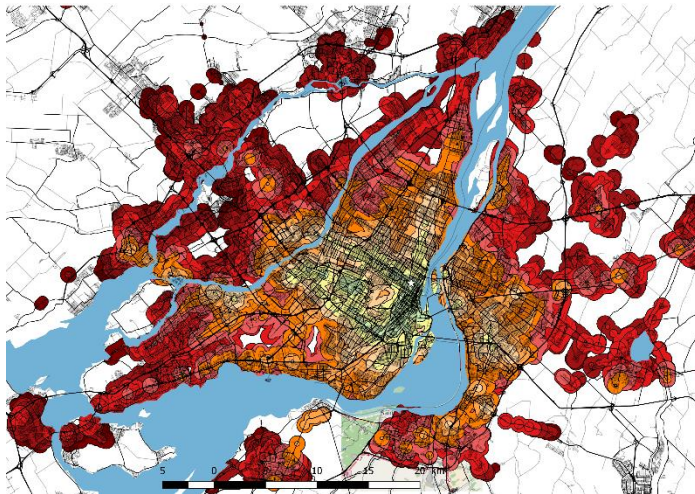


Figure 4.40 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Montréal en transport en commun à 8h00 (réalisée par nos soins)

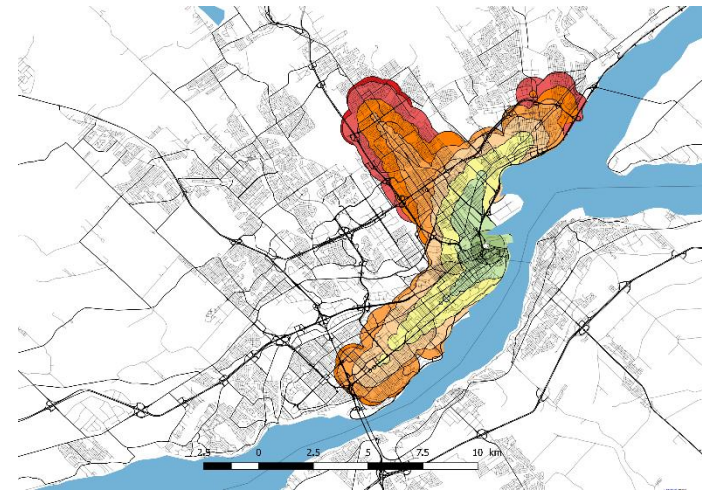


Figure 4.41 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en transport en commun à 6h00 (réalisée par nos soins)

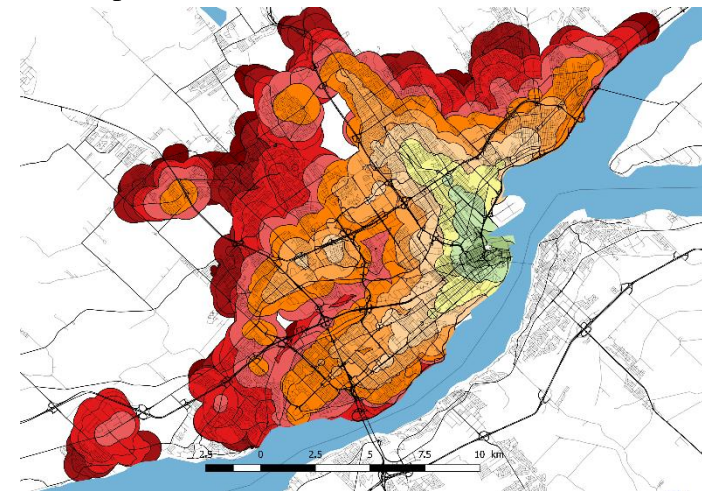


Figure 4.42 : Carte isochrone des temps d'accès à la gare d'autocars de Québec en transport en commun à 8h00 (réalisée par nos soins)

Remarque : La largeur de chaque carte est d'environ 70 km pour Montréal et 30 km pour Québec.

Analyse (3)

L'heure indiquée dans la légende est l'heure d'arrivée maximale à la gare. Ainsi, la zone 60 min de la Figure 4.39 représente tous les points qui permettent un accès en moins de 60 min à la gare de Montréal avant 6h00 en utilisant uniquement le transport en commun et la marche. Cela signifie, pour cet exemple, que le départ du domicile a lieu après 5h00, que le temps de parcours est inférieur ou égal à 60 min et que l'arrivée à la gare a lieu avant 6h00.

Le premier constat qu'on peut tirer des cartes d'accessibilité en transport en commun aux gares de Montréal et Québec est le suivant : la surface accessible varie en fonction de l'heure et elle est beaucoup moins étendue à 6h00 qu'à 8h00. En effet, les services de transport en commun sont effectués à des horaires précis et variables au cours de la journée. Étant donné que 6h00 est généralement considéré comme le début de l'heure de pointe du matin, une arrivée à la gare à 6h00 nécessite un déplacement réalisé avant ça, soit durant une période où les services sont moins nombreux. Une arrivée à 8h00 à la gare implique un déplacement effectué antérieurement également, mais dans ce cas-là il s'agit de l'heure de pointe de l'offre. L'heure du départ du voyage interurbain a donc une grande influence sur la surface accessible et donc la population qui peut y accéder en transport en commun.

Le second constat est que les lignes structurantes du transport en commun sont facilement repérables sur les cartes d'accessibilité. Par exemple, sur la Figure 4.41, les lignes de bus à haute fréquence Métrobus sont clairement identifiables puisqu'elles constituent presque les seules lignes utilisables aussi tôt (avant 6h00) à Québec. Autre exemple, sur la Figure 4.40, on voit bien la forme en U de la ligne orange du métro de Montréal, ainsi que le tracé de la ligne verte, qui lui est perpendiculaire. Les points les plus éloignés du centre correspondent généralement à des arrêts du train de banlieue opéré par l'AMT. Cependant, l'échelle choisie pour les Figure 4.39 et Figure 4.40 excluent quelques-uns de ces arrêts les plus éloignés, qui offrent néanmoins un accès à la gare de Montréal en moins de 120 min, soit 2h, avant 8h00. Le train dessert ainsi notamment les villes de St-Jérôme, St-Hyacinthe et Sorel-Tracy.

Enfin, si l'on compare les résultats obtenus en transport en commun par rapport aux autres modes présentés ci-dessus, force est de constater qu'il n'est pas compétitif avec la voiture (sans

congestion), qui permet de rejoindre en moins de 60 min même les points les plus éloignés et atteignables en moins de 120 min en transport en commun. En revanche, l'accessibilité en vélo est plus comparable à celle que l'on obtient pour le transport en commun, avec quelques particularités. Certains lieux desservis par le métro ou le train de banlieue sont accessibles plus rapidement en transport en commun qu'en vélo, mais les aires d'accessibilité sont du même ordre de grandeur. Pour terminer, le transport en commun est plus efficace que la seule marche, comme on pouvait s'y attendre.

Perspectives

Il ne faut pas oublier que l'accessibilité à destination des seules gares d'autocar de Montréal et de Québec a été étudiée. Or, dans les régions représentées respectivement sur la Figure 4.35 et la Figure 4.36, d'autres arrêts de transport interurbain sont présents. On retiendra en particulier Longueuil et Laval aux alentours de Montréal et Sainte-Foy et Lévis proche de Québec. Il serait donc intéressant de mener l'analyse de l'accessibilité vers chacun des arrêts du réseau afin d'identifier les régions qui disposent d'un accès plus difficile au transport interurbain.

Autre point important, les calculs en voiture ont été effectués pour une situation optimale ne tenant pas compte de la congestion. Or, ce facteur peut avoir une influence considérable sur les temps de parcours, en particulier dans un milieu urbain comme Montréal. Une analyse de la sensibilité de l'accessibilité en fonction de l'heure de départ du domicile (ou d'arrivée à la gare) permettrait d'estimer la variation liée à des flux de circulation contraints.

Pour quantifier plus précisément les résultats obtenus, il serait particulièrement intéressant de calculer et de comparer les surfaces accessibles en fonction du mode de transport et de l'heure.

Enfin, il n'est pas seulement important de pouvoir se rendre à la gare d'autocars ou à un arrêt, mais aussi de pouvoir rejoindre sa destination depuis l'arrêt de fin du voyage. Cette analyse du temps d'accès au domicile depuis l'arrêt de débarquement pourrait venir enrichir l'analyse présentée ici d'accès au point d'embarquement.

4.4 Conclusion : retour sur les indicateurs produits et leurs représentations

Ainsi, ce chapitre a permis d'illustrer un certain nombre des indicateurs qui avaient été retenus précédemment pour caractériser le réseau de transport interurbain québécois.

On retiendra que le réseau est très étendu, les tarifs proposés par l'un des transporteurs prévoyant des voyages de plus de 1 000 km avec plusieurs correspondances. De plus, le réseau relie entre elles les principales municipalités du Québec, dont 18 % disposent d'au moins un arrêt sur leur territoire. En moyenne, les voyages réalisés durent plus de deux heures et parcourent plus de 175 km. Parmi les autres particularités du réseau, il a été établi que la fréquence est comprise entre un et une trentaine de passages par jour (avec une moyenne de 3 passages/jour), les valeurs les plus élevées étant observées sur un nombre réduit de corridors. Les arrêts identifiés comme des points clés de correspondance sont Montréal, Québec, Sainte-Foy et Longueuil. D'autres municipalités sont également très desservies, parmi lesquelles Sherbrooke (et un certain nombre d'arrêts situés sur le corridor Montréal – Québec), l'aéroport P.E. Trudeau, Drummondville, Chicoutimi, Rouyn-Noranda, Val-d'Or, Jonquière et Rimouski. Les corridors reliant ces points nodaux du réseau sont également ceux qui concentrent l'offre la plus fréquente. En revanche, lorsque l'on commence à s'éloigner du cœur de ce réseau, les fréquences ont tendance à être plus faibles. Parmi les régions dans lesquelles l'offre est plus limitée, on retrouve la Gaspésie, la Côte-Nord et une partie de l'Abitibi-Témiscamingue.

En ce qui concerne la répartition temporelle de l'offre, elle varie relativement peu durant la semaine mais connaît des adaptations en fin de semaine, avec généralement des départs moins nombreux et plus tardifs le matin. Au cours de la journée, il est possible d'identifier les traditionnels pics d'offre correspondant aux heures de pointe le matin, le soir et plus faiblement le midi. Le degré de connectivité des paires d'arrêts du réseau reste faible (inférieur à 18 %) et la plupart des opportunités accessibles empruntent des trajets directs ou avec une seule correspondance.

Pour ce qui a trait à l'accessibilité, elle reste encore limitée au niveau de la population puisqu'on a estimé que moins de 11 % de la population du Québec demeure à une distance marchable d'un arrêt (moins de 1,6 km entre l'arrêt et le centroïde de l'aire de diffusion dans laquelle les personnes vivent, à vol d'oiseau) et que moins de 45 % demeure à une distance potentiellement cyclable (6 km).

à vol d'oiseau). En revanche, 75 % de la population vit à moins de 15 km d'un arrêt (à vol d'oiseau, distance entre l'arrêt et le centroïde de l'aire de diffusion de domicile). La notion d'accessibilité varie donc énormément d'un mode à l'autre. Elle dépend également de l'heure du déplacement.

Les analyses complémentaires qui auraient pu être menées sont présentées dans le chapitre suivant (partie 5.4), qui conclut ce travail.

CHAPITRE 5 CONCLUSION

Avec cette dernière partie conclusive, ce travail touche à sa fin. Elle s'organisera en quatre parties, la première faisant un résumé des points principaux qui ont été abordés, la seconde soulignant les contributions de cette recherche, la troisième en présentant les limites et la quatrième proposant des pistes d'évolution et des perspectives de recherche futures.

5.1 Synthèse des travaux

Après la présentation, en introduction, du contexte, des objectifs et de la structure de la recherche, le Chapitre 2 recensait les écrits concernant les notions abordées dans le travail. Il a permis d'établir une définition du transport interurbain à partir des notions de longue distance, de transports urbain, périurbain, régional, local... Des indicateurs nombreux et variés ont été listés, que ce soit pour caractériser les services d'un point de vue opérationnel, commercial ou qualitatif ou pour en décrire les performances en termes d'accessibilité et de compétitivité. Le format de stockage de données en transport en commun, le GTFS a été introduit. Enfin un aperçu de l'état du transport interurbain par autocar au Québec en 2016 a été présenté.

Le Chapitre 3 développait la méthodologie qui a été utilisée pour traiter les données en fonction de leur format d'origine et pour les homogénéiser selon le standard GTFS. Il définissait également plusieurs des concepts-clés qui ont été utilisés dans le reste du mémoire, ainsi que les conditions d'applicabilité des indicateurs d'offre qui avaient été listés au chapitre précédent.

Le Chapitre 4 abordait le cœur de l'application des méthodes utilisées pour traiter les données et les représenter. Il a permis de caractériser le réseau dans son ensemble à travers l'étude d'indicateurs généraux et d'autres portant plus spécifiquement sur les voyages et sur le cas du corridor Montréal – Québec. De plus, différents profils d'offre ont pu être dressés au niveau des tronçons comme des arrêts et ils ont été caractérisés, tout comme les opportunités, à la fois spatialement et temporellement. Enfin, le thème de l'accessibilité a été discuté, en particulier en ce qui concerne la population et l'accès aux gares d'autocar, avec l'exemple de Montréal et de Québec.

Le présent chapitre synthétise et conclut ce travail en en présentant les contributions majeures, les limitations ainsi que les perspectives.

5.2 Contributions

Avant tout, ce travail est l'une des rares études portant sur le transport interurbain par autocar, cherchant à le quantifier et le qualifier à l'aide de fichiers GTFS.

À travers la revue de littérature, cette recherche a défini la notion de transport interurbain. Elle a identifié les indicateurs pertinents pour de longues distances permettant de décrire un réseau de transport par autocar. Ce travail a ainsi posé les bases d'une caractérisation généralisée de l'offre d'un système de transport et de ses performances à l'aide d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs. L'analyse et le classement des indicateurs d'offre n'avaient jamais été réalisés pour le transport interurbain par autocar.

Au niveau méthodologique, le projet devait proposer une procédure pour créer une base de données rassemblant et uniformisant les informations détenues sur l'offre. Concrètement, il a permis de créer le premier ensemble de fichiers GTFS décrivant l'offre disponible en transport interurbain par autocar au Québec. Ce travail a également contribué à la documentation des méthodes d'obtention d'indicateurs applicables au transport interurbain.

Enfin, par la mise en application des concepts et indicateurs identifiés, une analyse unique de l'offre de transport par autocar au Québec a été réalisée et illustrée.

5.3 Limitations

Cette étude comporte un certain nombre de limites générales qui seront exposées dans cette partie. Les limites méthodologiques propres à chaque partie ont été traitées précédemment et ne seront pas reprises ici.

Tout d'abord, l'analyse que nous avons produite dans ce rapport n'est qu'une image figée dans le temps du réseau, valable en ce début d'année 2016. Elle n'est déjà plus actuelle car le contexte, certains horaires, certaines lignes et certains tarifs ont déjà changé. Les nouvelles lignes comme Chisasibi – Val-d'Or et Grands-Remous – Gatineau – Ottawa, évoquées dans la section 2.4.3, n'ont pas été prises en compte ici, mais viennent changer le visage de l'offre. Cela met en exergue l'importance de la création d'une analyse systématisée du transport interurbain.

Ensuite, l'étude n'est pas représentative de tout ce qui se fait au Québec en matière de transport interurbain par autocar. Comme nous l'avons précisé à plusieurs reprises, il s'agit de l'analyse de

l'offre dispensée par six des plus grands transporteurs québécois par autocar partenaires de ce travail de recherche, à savoir les Autobus Breton, les Autobus Galland, le groupe Intercar, le groupe Keolis, détenteur du réseau Orléans Express, le groupe Transdev, détenteur du réseau Limocar et les Autocars Maheux. D'une part, plusieurs autres transporteurs privés opèrent des lignes au Québec, telles que la ligne Montréal – Gatineau – Ottawa (Greyhound) et la ligne Sherbrooke – Québec (Autobus La Québécoise). D'autre part, tout l'aspect local du traitement du transport interurbain par les autorités municipales (CIT, MRC, CLD) n'est pas traité ici. Certaines des lignes qu'elles exploitent constituent des alternatives complémentaires ou concurrentes (notamment au niveau du coût) à celles des six transporteurs étudiés.

Une limite technique un peu moins générale mais qui touche plusieurs aspects de ce travail vient de l'utilisation du calculateur de la Chaire Mobilité pour réaliser les estimations de distance, de temps de parcours et de temps d'accès. Il est important de noter que le calculateur ne prend pas en compte la congestion et qu'il faut en tenir compte lors de l'analyse de déplacements ayant lieu en heure de pointe. Il faut savoir également que les tracés précis des voyages en autocar ne sont pas connus et ce pour l'ensemble des transporteurs. L'hypothèse selon laquelle le chemin le plus rapide est celui emprunté par les transporteurs ou par la personne qui souhaite réaliser un déplacement limite donc l'analyse.

De plus, l'automatisation de la création et de l'analyse de la base de données de l'offre n'a pas été complétée. La connaissance du réseau québécois n'est donc pas encore intégrée et systématique. Cette étape pourra faire partie des développements futurs.

Enfin, un certain nombre d'indicateurs très intéressants n'ont pas pu être calculés ou généralisés faute de données, d'une méthode d'analyse reproductible pour le transport interurbain, de temps ou de moyens techniques. Quelques-uns sont présentés dans la partie suivante en tant qu'exemples de développements futurs qui pourraient venir enrichir cette étude.

5.4 Perspectives

Plusieurs évolutions de ce travail ont été réfléchies. Elles n'ont pas pu être menées à bien, mais constitueraient des apports très intéressants à ce travail. Cette partie présente les deux développements principaux qui avaient été amorcés et qui faisaient partie des objectifs de la recherche. Ces développements sont l'analyse de compétitivité avec la voiture et le train

notamment et l'étude approfondie de l'accessibilité aux arrêts et des branchements locaux. D'autres pistes de réflexion clôturent cette partie.

5.4.1 Analyse de compétitivité des modes de transport interurbains au Québec

Un des objectifs de cette recherche, qui n'a pas été atteint, était de mener une analyse de la compétitivité du transport par autocar par rapport aux autres modes interurbains. La méthode a cependant été élaborée et elle est présentée dans cette sous-partie.

La compétitivité de chacun des modes est déterminée par estimation des temps et des coûts de parcours entre différentes paires d'origines et de destinations retenues pour l'analyse. Ce calcul est segmenté en trois analyses :

1. Le calcul des temps de parcours pour les différents modes pour l'intégralité du trajet depuis une origine jusqu'à la destination ;
2. L'estimation d'un coût généralisé à l'aide d'un modèle rapportant la fonction d'utilité des trajets en fonction de chaque mode afin d'obtenir des valeurs comparables ;
3. L'étude de l'impact de l'horaire du déplacement sur la disponibilité de l'offre des différents modes, afin de déterminer si l'heure de départ peut avoir une influence significative sur les possibilités de choix du mode de déplacement ;
4. La comparaison de l'impact environnemental de ces modes pour des déplacements entre les mêmes origine et destination.

Les modes retenus sont uniquement des modes terrestres, à savoir la voiture, le covoiturage et le train. Si le calcul pour la voiture est tout à fait réalisable, les autres modes représentent, quant à eux, chacun un défi différent.

- Une desserte aérienne existe pour certains corridors de déplacements au Québec, mais l'avion a été écarté afin de conserver des valeurs de temps et de coût de déplacement ayant des ordres de grandeur semblables.
- Les données d'offre de covoiturage ont été colligées par consultation systématique du site web de la principale plateforme québécoise de covoiturage, Amigo Express. Ces données ont plusieurs limites. Bien qu'elles soient collectées automatiquement, leur analyse n'a pas encore été systématisée et il ne s'agit pas de données officielles. Par ailleurs, la plateforme Amigo

Express, si elle est la plus importante, n'est pas la seule à proposer du covoiturage au Québec. De fait, il existe des sites comme *Covoiturage.ca*, *AlloStop.com*, *Kijiji* et *Monlift* ou encore le réseau social Facebook qui proposent également des voyages. Pour des raisons techniques, il est très difficile de récupérer ces offres de manière systématique et d'estimer le nombre de voyages que cela représente et donc l'erreur générée.

- De même en ce qui concerne l'offre ferroviaire, les autorités en charge n'ont pas accepté de transmettre leurs données, lesquelles ont été rassemblées par consultation du site de Via Rail³⁸. Un GTFS pour le Québec a été codé en suivant la même méthode que celle présentée dans ce rapport pour l'autocar, avec quelques ajustements.
- Le calcul de chemin pour le transport en commun interurbain n'est pas encore totalement opérationnel avec le calculateur de la Chaire Mobilité. De fait, il faut pour cela réaliser des calculs utilisant plusieurs modes de transport sur des parcours complexes. Il faut notamment utiliser le réseau d'autocar interurbain fraîchement codé et prendre en compte de nombreux paramètres tels que les modes d'accès et de sortie, les temps d'attente acceptés aux correspondances, le nombre de correspondances, etc.

De plus, les tarifs et coûts perçus liés aux durées d'attente et de transports devront être intégrés dans un calcul de coût généralisé. La valeur du temps sera estimée et il faudra créer un modèle de calcul de ce coût généralisé.

Par ailleurs, il faudrait estimer l'impact environnemental des déplacements et comparer ces impacts pour les mêmes OD, mais pour chacun des différents modes à l'étude. Cette partie pourra s'appuyer sur les informations connues sur les véhicules, afin de calculer par exemple la consommation moyenne par kilomètre et les émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants. Il ne faudra pas oublier d'estimer les impacts directs et indirects des différents modes de transport, à savoir le bruit, la pollution engendrée, l'insertion paysagère et sociale, le fonctionnement en cas d'incident ou d'accident et les risques.

En ce qui concerne le choix des paires OD à analyser, plusieurs choix méthodologiques ont été opérés et un certain nombre de corridors de déplacements ont été identifiés. Afin de travailler avec

³⁸ Site de ViaRail, <http://www.viarail.ca/fr/planifiez-votre-voyage/personnalisez-votre-horaire>, consulté le 16/06/2016

des données de demande de déplacements réels, les déplacements de longue distance ont été isolés des différentes enquêtes OD réalisées en 2013 pour l'ensemble du Québec, faute de meilleure source de renseignements sur ces déplacements. Cependant, ces déplacements sont relativement peu nombreux (3 700 enregistrements) car les enquêtes ne sont pas destinées à les enregistrer. Et surtout ils sont très imprécis. En effet, chaque enquête OD ne s'intéresse qu'au lieu précis d'origine ou de destination situé sur son territoire. L'autre extrémité du déplacement, si elle est située en dehors de la zone d'enquête, est renseignée vaguement et comporte uniquement le nom de la municipalité généralement. L'élaboration d'enquêtes portant sur les déplacements de longue distance au Québec est donc une problématique essentielle aujourd'hui pour une meilleure connaissance de l'ensemble du système de transport québécois.

5.4.2 Potentiel d'accessibilité aux arrêts et branchements locaux

Une autre problématique essentielle mais souvent négligée du transport en commun réside dans la réalisation du premier et du dernier kilomètre. En effet, les voyageurs ne se déplacent pas d'un arrêt à un autre arrêt mais d'un lieu d'origine à un lieu de destination. Or, l'accès aux arrêts de transport interurbain depuis ou vers ces lieux peut être particulièrement compliqué dans le cas de trajets interurbains.

L'analyse de l'accessibilité proposée dans ce mémoire est particulièrement incomplète, la partie traitant de la population étant basée sur des hypothèses très simplificatrices de population concentrée au niveau du centroïde de l'aire de diffusion et de distance calculée à vol d'oiseau ; et la partie portant sur l'accessibilité aux gares ne s'appuyant que sur deux exemples urbains et ne développant pas ni l'accès en transport en commun, ni la variabilité temporelle des conditions d'accès.

Ainsi, l'évolution de l'étude d'accessibilité devrait prendre en compte plusieurs modes d'accès et de sortie incluant le transport en commun. La sensibilité de l'accès en fonction de l'heure de la journée devra être analysée. Par ailleurs, l'intégration des réseaux locaux, qu'ils soient ruraux, périurbains ou urbains sera réalisée, en insistant tout particulièrement sur les temps de correspondance et sur les conditions d'attente. Enfin, plusieurs types de représentation pourront être utilisés tels que la carte du potentiel d'accessibilité spatialisé généralisé et la carte en anamorphose présentées dans la revue de littérature (section 2.2.4.3).

5.4.3 Autres développements possibles

D'autres points de cette recherche peuvent être approfondis et certains exemples sont évoqués ici de manière moins détaillée que les précédents :

- l'automatisation de la collecte de données et de la production des indicateurs et de leur représentation ;
- le développement des indicateurs dérivés de la fréquentation (passagers-kilomètres, etc.) et l'estimation de l'adéquation entre l'offre et la demande ;
- le développement des indicateurs plus qualitatifs, en particulier ceux concernant les correspondances, qui sont des moments-clés lors des voyages de longue distance, ainsi que ceux qui caractérisent le confort et la satisfaction des utilisateurs ;
- l'analyse de l'évolution historique du réseau au cours des cinq dernières années ;

Pour terminer, cette recherche s'est beaucoup placée du point de vue opérationnel ou décisionnel, mettant parfois de côté la notion de **service** public et surtout de transport de **personnes**. Ces aspects, primordiaux, devront être développés spécifiquement lors de l'analyse de la demande.

BIBLIOGRAPHIE

- Arnaud, M., & Emery, X. *Estimation et interpolation spatiale: méthodes déterministes et méthodes géostatistiques.*
- Augustin, K., Gerike, R., Sanchez, M. J. M., & Ayala, C. (2014). Analysis of intercity bus markets on long distances in an established and a young market: The example of the US and Germany. *Research in Transportation Economics*, 48, 245-254.
- Axhausen, K. W. (2000). *Preparing for the long of it: Methodological research for an European survey of long distance travel.* Communication présentée à TRB Conference Personal Travel: The long and short of it, Washington (DC). doi:<http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-004242440>
- Bahamonde-Birke, F. J., Kunert, U., Link, H., & Ortuzar, J. D. D. (2014). Liberalization of the Interurban Coach Market in Germany: Do Attitudes and Perceptions Drive the Choice between Rail and Coach?
- Beria, P., Grimaldi, R., & Laurino, A. (2013). *Long distance coach transport in Italy: state of the art and perspectives.* University Library of Munich, Germany.
- Blais, J., & Québec Province. (1996). *Le transport par autocar interurbain au Québec.* [Québec]: Ministère des transports.
- Blais, J., & Québec Province. (2000). *Plan de transport de l'Abitibi-Témiscamingue : étude technique : transport par autocar : document de travail, version finale.* Rouyn-Noranda: Québec, Ministère des transports, Direction de l'Abitibi-Témiscamingue-Nord-du-Québec.
- Bonnafeous, A., Crozet, Y., Mercier, A., Ovtracht, N., & Thiébaud, V. (2009). MOSART (MOdélisation et Simulation de l'Accessibilité aux Réseaux et aux Territoires) : un prototype d'outil d'aide à la décision, individuelle et collective. *Rapport pour le PREDIT : Lettre de commande n° 07MTS051.*
- Bourbonnais, P.-L. (2015). *Transcasapp Démo AQTr [Vidéo en ligne].* Tiré de <https://vimeo.com/117742667>, basé sur l'algorithme de Dibbelt, Pajor, Strasser et Wagner (Intriguingly simple and fast transit routing, 2013) : <http://il1www.iti.uni-karlsruhe.de/extra/publications/dpsw-isftr-13.pdf>
- Campos Cacheda, J. M., Alsina, G., & Estrada Romeu, M. Á. (2011). *Assessment of the public transportation supply in a local level.* Communication présentée à TRB 90th Annual Meeting Compendium of Papers DVD (p. 1-12). Tiré de <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/15105>
- Cauvin, C. (1994). Accessibilité de système et accessibilité locale. *Flux*, 39-48. Tiré de http://www.persee.fr/doc/flux_1154-2721_1994_num_10_16_981
- Chapman, B., Iseki, H., Taylor, B. D., & Miller, M. (2006). The Effects of Out-of-Vehicle Time on Travel Behavior: Implications for Transit Transfers (Deliverable# 1).
- Dharmadhikari, N., & EunSu, L. (2015). Average opportunity-based accessibility of public transit systems to grocery stores in small urban areas. *Cogent Engineering*, 2(1), 1068968 (1068915 pp.). doi:10.1080/23311916.2015.1068968

- Épaulard, A., & Guillemot, L. (2016). *Autocars interurbains : un bilan après six mois d'ouverture*. Tiré de <http://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/na-44-autocar-01-03-2016-ok.pdf>
- Florida Department of Transportation. (2013). Quality/Level of Service Handbook. 194. Tiré de <http://www.dot.state.fl.us/planning/systems/programs/SM/los/pdfs/2013%20QLOS%20Handbook.pdf>
- Fortin, P. (2016). *Méthodologie de caractérisation d'un réseau de transport en commun*. (École Polytechnique de Montréal, Université de Montréal).
- 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, Université de Montréal).
- Fraquelli, G. P., Massimiliano; Abrate, Graziano. (2004). Regulating public transit networks : How do urban-intercity diversification and speed-up measures affect firms "costperformance" ? *Annals of Public and Cooperative Economics*, 75(2), 193-225. Tiré de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-8292.2004.00250.x/epdf>
- Freitas, A. P., Luís. (2013). Assessing the quality of intercity road transportation of passengers: An exploratory study in Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 49, 379-392.
- Galvis, G. E. V. (2014). *Outils d'aide à la décision pour le renouvellement d'une flotte de véhicules*. (Université Laval).
- Genre-Grandpierre, C. (2005). Qualité de l'offre et usage du transport public en milieu urbain. *Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne]*(document 376). doi:10.4000/cybergeo.6736
- Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Girard, R. (2010). *Dualité juridictionnelle en transport collectif au Québec : Essai de Caractérisation*. (École Supérieure d'Aménagement du Territoire et de Développement Régional, Université Laval).
- Godin, A. (2012). *L'accessibilité en transport : méthodes et indicateurs*. (École Polytechnique de Montréal, Université de Montréal).
- Google. (2014). TransitFeed. Tiré de <https://github.com/google/transitfeed/wiki>
- Google Developers. (2015, 29.07.2015). What is GTFS-realtime ? Tiré de <https://developers.google.com/transit/gtfs-realtime/>
- Google Developers. (2016, 03.02.2016). General Transit Feed Specification Reference. Tiré de <https://developers.google.com/transit/gtfs/reference>
- Gouvernement du Québec. (2016). Commission des Transports du Québec- Permis de transport - Autobus. Tiré de <http://www.ctq.gouv.qc.ca/autobus/permis.html>

- Gouvernement Français, LOTI (Loi n° 82-1153 du 30 décembre 1982 d'orientation des transports intérieurs - Titre II : Dispositions particulières aux différents modes de transports - Chapitre III : Du transport routier non-urbain de personnes), Articles 27 et 29 C.F.R. (2005).
- Gouvernement Français, Code des Transports (Partie législative, 3e partie, Livre 1er, Titre 1er, Chapitre 1er, Section 3, Sous-section 1), Article L3111-21 C.F.R. (2015).
- Guillemette, Y. (2015). *Mieux comprendre l'offre et la demande de déplacements interurbains au Québec*. (École Polytechnique de Montréal, Université de Montréal).
- Halden, D., Farrington, J., & Copus, A. (2002). Rural Accessibility. *Transport Research Series*, 2016(26.05). Tiré de <http://www.gov.scot/Publications/2002/05/14710/4286>
- HDR|HLB Decision Economics. (2008). The optimal supply and demand for urban transit in the United States. 44. Tiré de <http://www.apta.com/gap/policyresearch/Documents/TCRP%20Transit%20Investment%20Final.pdf>
- Héran, F. (2009). Des distances à vol d'oiseau aux distances réelles ou de l'origine des détours. *Flux*(2), 110-121.
- Hosen, K. I., & Bennett Powell, S. (2011). *Innovative Rural Transit Services - A Synthesis of Transit Practice* (Rapport n° TCRP Synthesis 94). Transportation Research Board. Tiré de <http://www.trb.org/Main/Blurbs/166363.aspx>
- INSEE. (2016). (Institut National de la Statistique et des Études Économiques) Définition d'une couronne périurbaine. Tiré de <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/couronne-periurbaine.htm>
- Institut de la Gestion Déléguée. (2008). Charte des services publics locaux : Indicateurs de performance des services de transport public. 65. Tiré de <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.xsp?id=Temis-0060704&n=11732&q=%28%2Bdate2%3A%5B1900-01-01+TO+2013-12-31%5D%29&>
- Järvi, T., & Nagel, I. (2013). Guidance and recommendations for interconnection between long distance and local/regional passenger transport. *CLOSER - Connecting LOng and Short-distance networks for Efficient tRansport*(Deliverable 6.1.), 69. Tiré de <http://www.closer-project.eu/project/deliverables/>
- Keolis Canada. (2016). *Bilan Orléans Express Réingénierie*. Tiré de http://www.ctq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/secteurs/autobus/audience/Orleans/Prese ntationOrleans_20160314.pdf
- Kittelson & Associates INC., Urbitran INC., LKC Consulting Services INC., Morpace International INC., Queensland University of Technology, & Nakanishi, Y. (2003). *A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System* (Rapport n° TCRP Report 88).
- Klein, N. J. (2015). Get on the (curbside) bus: The new intercity bus. *Journal of Transport and Land Use*, 8(1), 155-169.

- Kostolná, M., & Konečný, V. (2015). Identification of significant quality criteria in suburban bus transport on the basis of experience from other transport systems. *Scientific Journal on Transport and Logistics*, 12. Tiré de <http://logi.upce.cz/issues/2015-01/04.html>
- L'Hostis, A., & Leysens, T. (2012). Les méthodes de mesure et de représentation de l'accessibilité dans les méthodes d'évaluation des projets de transport interurbains et périurbains de voyageurs: méthode, indicateurs, applications et limites de la contactabilité.
- Land Transport Authority Academy (Singapore). (2011). Comparison of Public transport Operations. *Journeys : Sharing Urban Transport Solutions*(Nov 2011), 80.
- Langlois, P., & Demain, J.-C. (1996). Cartographie en anamorphose. *Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne]*. doi:10.4000/cybergeo.129
- Litman, T. (2016). Evaluating Accessibility for Transportation Planning - Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities. *Victoria, BC: Victoria Transport Policy Institute*.
- Ma, Z.-L. F., Luis; Mesbah, Mahmoud; Hojati, Ahmad Tavassoli. (2015). *Modelling Bus Travel Time Reliability Using Supply and Demand Data from Automatic Vehicle Location and Smart Card Systems*. Communication présentée à TRB 94th Annual Meeting Compendium of Papers. Tiré de <http://docs.trb.org/prp/15-0402.pdf>
- Macron, E. (2015). *Ouverture de l'offre de transport par autocar*.
- McHugh, B. (2013). Pioneering Open Data Standards: The GTFS Story. Tiré de <http://beyondtransparency.org/chapters/part-2/pioneering-open-data-standards-the-gtfs-story/>
- Morency, C. (2015). *Proposition de recherche : Méthodes et outils pour l'analyse de l'offre et de la demande de transport interurbain*
- O'Toole, R. (2011). Intercity Buses: The Forgotten Mode. *Cato Institute Policy Analysis*(680).
- OMNIL. (2011). *(Observatoire de la Mobilité en Île-de-France) Les transports en commun en chiffres*. Tiré de http://www.omnil.fr/IMG/pdf/transports_en_commun_en_chiffres_edition_2000-2009.pdf
- Orfali, P. (2014). Transport interrégional : À la croisée des chemins. Dans L. Devoir (édit.).
- Payet, M. (2010). Thematic Research Summary: Regional And Rural Transport. Tiré de http://www.transport-research.info/sites/default/files/thematic-analysis/20100215_145550_20537_TRS_Regional-Rural.pdf
- Piètre-Cambacédès, L. (2011). *Des relations entre sûreté et sécurité*. (Télécom ParisTech).
- Portail Québec - Services Québec. (2016). Thésaurus de l'activité gouvernementale. Tiré de <http://www.thesaurus.gouv.qc.ca/>
- Qu, L., Krambeck, H., Dou, D., & Ollivier, G. (2016). *Improving the Efficiency and Efficacy of Benchmarking Transit Level of Service Indicators in Resource-Constrained Environments*. Communication présentée à Transportation Research Board 95th Annual Meeting.

- Rafiee, P. (2009). *Caractérisation systémique des corridors de transport en commun* (Ecole Polytechnique de Montreal, ProQuest Dissertations & Theses Global). Tiré de <http://search.proquest.com/docview/305137695?accountid=40695>
- Roberts, P., & Thum, C. (2005). Transport core measures and indicators: a users guide. Work in progress document. Transport and Urban Department, World Bank, Washington DC, USA. 20p.
- Schwieterman, J., Antolin, B., Levin, A., & Michel, M. (2016). The Remaking of the Motor Coach: 2015 Year in Review of Intercity Bus Service in the United States. *Chaddick Institute Policy Series*.
- Skinner, R. E. (1981). Estimating transit supply requirements for alternatives analysis. *Transportation Research Record*(835), pp 24-30. Tiré de <https://trid.trb.org/view.aspx?id=180047>
- Statistiques Canada. (2011). Recensement du Canada 2011 : fichier de microdonnées à grande diffusion. Tiré de <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/ref/dict/geo021-fra.cfm> (Définition AD) ; <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F> (Données brutes) ; "La responsabilité liée aux calculs, à l'utilisation et à l'interprétation de ces données est entièrement celle de l'auteur ou des auteurs."
- TCQSM II, Danaher, A., Kittelson & Associates, I., KFH Group, I., Parsons Brinckerhoff Quade & Douglass, I., & Hunter-Zaworski, K. (2003). Transit Capacity and Quality of Service Manual, Second Edition (TCRP Report 100). *Transportation Research Board*, 100.
- TCQSM III, Ryus, P., Kittelson & Associates, I., Parsons Brinckerhoff, KFH Group, I., Texas A&M Transportation Institute, & Arup. (2013). Transit Capacity and Quality of Service Manual, Third Edition (TCRP Report 165). *Transportation Research Board*, 165.
- The World Bank, & Azavea. (2013). Open Source Tools For Transport Planning : Indicator Calculation Methodology Report. Tiré de <https://drive.google.com/file/d/0B5Ot4FPs1rW6TDV2bWNuRVFZNTA/view>
- Tosics, I., & Nilsson, K. S. B. (2011). *Why the peri-urban?* Forest & Landscape, University of Copenhagen: Plurel.
- TRB Committee for a Study of Intercity Passenger Travel Issues and Opportunities in Short-Haul Markets. (2016). *Interregional travel : a new perspective for policy making* (Rapport n° Special Report 320).
- van de Velde, D. (2009). *Long-Distance Bus Services in Europe*: OECD Publishing.
- Vasudevan, P., & Mulukutla, P. (2009). Bus Karo 2.0 – Case Studies from India - Chapter 7.1 : Costs and Revenues: Understanding Bus Operations. *Bus Karo – A Guidebook on Bus Planning & Operations (EMBARQ India 2009)*. Tiré de <http://wricitieshub.org/online-publications/71-costs-and-revenues-understanding-bus-operations>
- Vecteur 5. (2011). *Rapport sur l'évolution de la fréquentation des services de transport interurbains par autocar au Québec*. APAQ.

- Vignola, V. (2012). Répertoire statistique - Transport adapté 2012. *Ministère des Transports du Québec*. Tiré de <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/transport-adapte/Documents/Repertoirestatistique2012.pdf>
- Vuchic, V. R. (2005). *Urban transit: operations, planning and economics* ; Vukan R. Vuchic. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.
- Woldeamanuel, M. (2012). Evaluating the competitiveness of intercity buses in terms of sustainability indicators. *Journal of Public Transportation*, 15(3), 5.
- Wong, J. (2012). GTFS Explore Tool ; The OpenPlans Guide to GTFS Data. Tiré de https://github.com/jcwong86/GTFS_Explore_Tool
- Plus de détails sur la démarche : <http://blog.openplans.org/2012/08/the-openplans-guide-to-gtfs-data/>
- Wong, J. (2013). Leveraging the general transit feed specification for efficient transit analysis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2338), 11-19. Tiré de <http://trrjournalonline.trb.org/doi/pdf/10.3141/2338-02>
- World Bank. (2015). Open Transit Indicators. Tiré de <https://github.com/WorldBank-Transport/open-transit-indicators> ; Documentation supplémentaire sur <https://www.azavea.com/blog/2015/02/26/open-transit-indicators-enable-cities-to-design-better-transit-systems/>
- Xiao, S., Yu, R., & Wang, Y. (2013). *A modeling framework for long distance pleasure travel supply analysis*. (Department of Civil and Environmental Engineering, University of Washington). Tiré de <http://docs.trb.org/prp/13-3384.pdf>
- Ye, Z., Kack, D., Chaudhari, J. P., & Ewan, L. (2013). *Are Intercity Bus Service Needs Being Adequately Met? Case Study of a Rural State*. Communication présentée à Transportation Research Board 92nd Annual Meeting.

ANNEXE A – CONVENTIONS ADOPTÉES POUR LA CODIFICATION DES FICHIERS GTFS

Cette annexe présente les choix méthodologiques qui ont été pris pour créer la codification des fichiers constituant le GTFS des six transporteurs partenaires. Pour rappel, ces règles se basent sur la réflexion et l'amélioration par essai-erreur. La convention développée ci-après pourra donc être modifiée en fonction des besoins de l'opérateur et de l'évolution des données.

A.1 Agences

L'agence de transport en commun -ou transporteur- est représentée par un chiffre (qui a été attribué après un tri par ordre alphabétique de son nom court) et un identifiant composé des deux premières lettres de son nom court. Le nom court est à distinguer du nom officiel déclaré à la CTQ : par exemple « Galland » pour «Galland Laurentides Ltee ».

Afin de permettre d'identifier plus facilement les arrêts où plusieurs transporteurs opèrent et ainsi les lieux où des transferts sont possibles, un autre code a été créé et désigné par le code « 9 » et l'identifiant « OO ». Il est utilisé en particulier dans l'identification des arrêts.

Tableau A.1 : Exemples de codification des agences (extraits du fichier *agency.txt* créé par nos soins)

agency_code	agency_short_name	agency_id	agency_name
1	Breton	BR	"Autobus Breton Inc"
2	Galland	GA	"Galland Laurentides Ltee"
3	Intercar	IN	"Intercar Inc"
4	Keolis	KE	"Autocars Orleans Express Inc"
5	Maheux	MA	"Les Autobus Maheux Ltee"
6	Transdev	TR	"Transdev Quebec Inc"

La décision de n'attribuer qu'un seul chiffre au code agence vient du fait que les agences partenaires sont au nombre de six. Il n'était donc pas nécessaire de prévoir deux caractères, mais si le nombre de partenaires venait à augmenter, l'ajout d'un caractère sera à prévoir.

A.2 Lignes

Une ligne de transport est caractérisée par l'identifiant de l'agence qui l'opère et par un identifiant spécifique de cinq caractères :

- deux lettres pour l'identifiant de l'agence,
- "_r" pour *route*,
- et un chiffre unique pour différencier les lignes (l'ordre des lignes fourni par le transporteur dans ses horaires a été respecté autant que possible).

Le nom court est constitué du code du transporteur et du numéro de la ligne. Le nom long est constitué des terminus de la ligne (sans espaces ni accents et séparés par des tirets) et parfois d'un arrêt intermédiaire important. Le type de ligne est déterminé selon les standards GTFS : « 3 » correspond à un service de bus (il n'existe pas de code spécifique pour les autocars).

Tableau A.2 : Exemples de codification des lignes (extraits du fichier *routes.txt* créé par nos soins)

route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_type
BR_r1	BR	11	"Quebec-SaintGeorges"	3
GA_r1	GA	21	"Montreal-MontLaurier"	3
IN_r1	IN	31	"Quebec-BaieComeau"	3
KE_r1	KE	41	"Montreal-QuebecExpress"	3
MA_r1	MA	51	"LaSarre-RouynNoranda"	3
TR_r1	TR	61	"Sherbrooke-Montreal"	3

De même, la décision de n'attribuer qu'un seul chiffre au code agence vient du fait que les agences partenaires n'opèrent chacun pas plus de neuf lignes différentes. Il n'était donc pas nécessaire de prévoir deux caractères, mais si le nombre de lignes venait à augmenter, l'ajout d'un caractère sera à prévoir.

A.3 Calendrier

Une période d'application de service est définie en fonction du calendrier. Son identifiant est constitué de :

- deux chiffres correspondant au mois de début d'application de la période,
- deux chiffres correspondant à l'année de début d'application de la période,
- "_s" pour *service*,

- deux chiffres uniques pour différencier les services.

L'attribution de ces deux derniers chiffres ne suit pas de logique particulière, elle s'est faite dans l'ordre où les différents cas se sont présentés.

Tableau A.3 : Exemples de codification des périodes d'application de service (extraits du fichier *calendar.txt* créé par nos soins)

	service_id	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday	start_date	end_date
<i>KE</i>	0216_s01	1	1	1	1	1	1	1	20160214	20160901
<i>TR</i>	0115_s03	0	0	0	0	0	1	1	20150103	20160901
<i>GA</i>	1115_s02	1	0	0	1	1	0	1	20151129	20160901
<i>BR</i>	0815_s03	0	1	1	1	0	1	0	20150801	20160901
<i>MA</i>	0415_s02	1	1	1	1	1	0	0	20150401	20160901
<i>IN</i>	0115_s16	0	0	0	0	1	0	1	20150118	20160901

Une des limites majeures de ce code apparaît de façon évidente : lorsque deux agences ont le même mois d'entrée en vigueur de leurs services, les quatre premiers chiffres du code sont identiques, mais les dates exactes de début et de fin d'application peuvent différer. Il faut alors être particulièrement vigilant.

A.4 Voyage

L'identifiant d'un voyage comporte les caractères suivants :

- deux lettres pour l'identifiant de l'agence,
- "_r" puis un chiffre indiquant le numéro de la ligne,
- "_" puis un chiffre indiquant la direction : 0 pour l'aller et 1 pour le retour (par exemple pour la ligne l'aller étant considéré comme la direction déterminée dans le nom de la ligne BR_r1, "Quebec-SaintGeorges", 0 correspond à un voyage depuis Québec en direction de Saint-Georges et 1 correspond à un voyage depuis Saint-Georges en direction de Québec,
- "_T" pour *trip*,
- deux chiffres uniques pour différencier les voyages (généralement, le voyage 01 est le plus fréquent, puis l'attribution s'est faite dans l'ordre où les différents cas se sont présentés).

L'indication affichée sur les girouettes (*headsign*) correspond au terminus d'arrivée du voyage. Le nom court du voyage se compose généralement des noms abrégés des terminus de départ et d'arrivée, complétés d'une indication sur la spécificité du parcours (e.g. "omni" si tous les arrêts sont desservis, "exp" si c'est un express, "tlj" pour tous les jours) afin de distinguer les voyages d'une même ligne. Pour l'un des transporteurs pour lequel les voyages ont les mêmes terminus de départ et d'arrivée, mais de très nombreuses variantes de parcours pour une seule et même ligne, le nom court est l'identifiant utilisé par le transporteur dans sa codification propre.

Tableau A.4 : Exemples de codification des voyages (extraits du fichier *trips.txt* créé par nos soins)

route_id	trip_id	service_id	trip_headsign	trip_short_name	direction_id
IN_r1	IN_r1_0_T01	0115_s11	"Baie-Comeau"	"Qc-Baie-Comeau"	0
BR_r1	BR_r1_1_T06	0815_s05	"Quebec"	"StG-Qc exp v"	1
TR_r1	TR_r1_0_T01	0115_s04	"Montreal"	"S471400D"	0
GA_r1	GA_r1_1_T03	1115_s02	"Montreal"	"MLau-Mtl"	1
KE_r1	KE_r1_0_T01	0216_s02	"Quebec"	"Mtl-Qc"	0
MA_r5	MA_r5_0_T01	0415_s01	"North Bay"	"RN-NB"	0

Exemples de noms courts décryptés : "StG-Qc exp v" = "Québec – Saint-Georges express le vendredi" ; "MLau-Mtl" = "Mont-Laurier – Montréal" ; "RN-NB" = "Rouyn-Noranda – North Bay"

A.5 Arrêt

Avertissement : Une des hypothèses majeures retenues pour l'identification et la localisation des arrêts est que l'arrêt est situé au même endroit à l'aller et au retour. Si l'arrêt est un terminus ou un dépanneur par exemple, l'hypothèse est vérifiée, mais dans le cas de bandes d'arrêts ou de points d'arrêts sur le bas-côté de la route, il est impératif de garder en mémoire que la localisation n'est alors qu'indicative et peut-être imprécise.

Un arrêt est identifié par un code, un identifiant et un nom. Le nom est généralement celui de la municipalité dans laquelle il est situé (sans accents), avec une précision si celle-ci contient plusieurs arrêts. La description contient des informations complémentaires sur l'arrêt, comme son type (poteau, bande d'arrêt, terminus, gare intermodale) ou la possibilité d'embarquer avec des bagages.

Le code arrêt se compose de :

- deux lettres pour l'identifiant de l'agence,
- " _ " puis trois lettres uniques désignant l'arrêt, en fonction des cas suivants :

Cas 1 (le plus simple), ce sont les trois premières lettres du nom de la municipalité.

Exemples : "Sutton " > TR_SUT ; "Jonquiere" > IN_JON

Cas 2, s'il y a plusieurs arrêts dans la municipalité, on prend alors généralement son initiale suivie de deux lettres désignant la localisation de l'arrêt.

Exemples : "Sherbrooke (Terminus)" > TR_STE ; "Chicoutimi-Nord" > IN_CHN

Cas 3, si la municipalité a un nom composé, on prend l'initiale des deux premiers noms et la seconde lettre du second nom, ou les initiales de chacun des mots s'il y en a trois ou plus.

Exemple : "Mont-Avila" > GA_MAV ; "Riviere-Ste-Marguerite" > IN_RSM

Cas 4, s'il y a des doublons, on adapte les règles.

Exemples : "Scott-Jonction" et "Saint-Joseph" devraient tous les deux avoir le code BR_SJO. On a décidé qu'ils seraient désignés respectivement par BR_SCJ et BR_SJO. De même pour "St-Marc-de-Figuery" et "St-Mathieu-d'Harricana", qui sont codés respectivement MA_SMF et MA_SMH.

Cas 5, pour Montréal, il peut exister des exceptions supplémentaires...

Exemple : "St-Denis & St-Joseph" > GA_SDJ

Cas 6, si l'arrêt est présent dans les horaires de plusieurs agences, son code est commun à ces transporteurs et il commence par OO.

Exemple : "Montreal (Gare d'autocars)" > OO_GAM

L'identifiant arrêt comprend quatre chiffres :

- un chiffre pour le code de l'agence (9 pour les arrêts partagés entre plusieurs agences),
- un chiffre pour la ligne (qui a été codifiée en premier si l'arrêt est desservi par plusieurs lignes),
- deux chiffres pour la position de l'arrêt dans la séquence ordonnée des arrêts composant le voyage.

Les chiffres utilisés sont généralement ceux de la première ligne codée et de l'ordre du premier voyage codé, ce qui peut expliquer que le code de certains arrêts est surprenant dans une séquence lorsqu'un arrêt est utilisé pour plusieurs lignes d'un même transporteur ou que la séquence des arrêts varie entre deux voyages.

Tableau A.5 : Exemples de codification des arrêts (extraits du fichier *stops.txt* créé par nos soins)

stop_id	stop_code	stop_name	stop_desc
6162	TR_SUT	"Sutton"	
3602	IN_CHN	"Chicoutimi-Nord"	"poteau"
2107	GA_MAV	"Mont-Avila"	
1111	BR_SJO	"Saint-Joseph"	
5205	MA_SMF	"St-Marc-de-Figuery"	"poteau"
9001	OO_GAM	"Montreal (Gare d'autocars)"	"gare d'autocars"

De plus, comme la codification des identifiants arrêts est antérieure à la décision de coder de manière unique (avec l'identifiant OO et le chiffre 9) les arrêts partagés entre plusieurs agences, une certaine discontinuité peut être observée dans la numérotation des arrêts, ce qui pourrait être un inconvénient lors de la création future de nouveaux arrêts.

A.5 Horaires de passage aux arrêts

Le dernier fichier qui contient les horaires et la séquence de passage aux arrêts, ne possède pas de codification particulière, mais reprend les objets et leurs codifications présentés ci-avant. Il contient l'identifiant du voyage, l'heure d'arrivée à l'arrêt, l'heure de départ de l'arrêt, l'identifiant de l'arrêt, l'ordre de cette opération parmi la séquence d'arrêts que constitue un voyage, le texte à afficher sur la girouette et le type d'embarquement et de débarquement. Ce dernier code est standard pour tous les GTFS :

- 0 si l'embarquement (respectivement le débarquement) est planifié régulièrement,
- 1 s'il n'y a pas d'embarquement (respectivement le débarquement) disponible,
- 2 si le passager doit téléphoner au transporteur à l'avance pour arranger l'embarquement (respectivement le débarquement),
- 3 si le passager doit indiquer au conducteur s'il désire embarquer (respectivement débarquer).

Tableau A.6 : Exemples de codification des horaires (extraits du fichier *stop_times.txt* créé par nos soins)

trip_id	arrival_time	departure_time	stop_id	stop_sequence	stop_headsign	pickup_type	drop_off_type
KE_r1_0_T10	14:30:00	14:30:00	9002	1	"Quebec Gare"	0	0
KE_r1_0_T10	15:00:00	15:00:00	9005	2	"Ste-Foy"	0	0
KE_r1_0_T10	17:25:00	17:25:00	9004	3	"Longueuil"	0	0
KE_r1_0_T10	17:45:00	17:45:00	9001	4	"Montreal (Gare d'autocars)"	0	0

ANNEXE B – EXEMPLE DE RETOUR DE L'OUTIL FEEDVALIDATOR

Les lignes qui suivent correspondent aux messages affichés par le programme FeedValidator lors de l'une de ses premières exécutions pour un fichier GTFS codé par nos soins. On remarquera qu'un certain nombre des erreurs signalées proviennent de simples erreurs de codification.

GTFS validation results for feed:

C:\tr__gtfs\gtfs_transdev_01.15

FeedValidator extension used: None

Agencies: [Transdev Quebec Inc](#)

Routes: 1

Stops: 38

Trips: 69

Shapes: 0

Effective: January 03, 2015 to September 01, 2016

During the upcoming service dates Tue Mar 08 to Fri May 06:

Average trips per date: 36

Most trips on a date: 43, on 9 service dates (Fri Mar 11, Fri Mar 18, Fri Mar 25, ...)

Least trips on a date: 21, on 8 service dates (Sat Mar 12, Sat Mar 19, Sat Mar 26, ...)

Notices:

Other Problem

- During the new-version check, we failed to reach transitfeed server. Reason: [Errno 11001] getaddrinfo failed.

Found these problems:

327 errors

61 warnings

1	<u>Csv Syntax</u>	1	<u>No Service Exceptions</u>
41	<u>Duplicate IDs</u>	42	<u>Other Problems</u>
191	<u>Invalid Values</u>	2	<u>Too Fast Travels</u>
4	<u>Missing Columns</u>	4	<u>Unrecognized Columns</u>
84	<u>Missing Values</u>	12	<u>Unused Stops</u>
6	<u>Other Problems</u>		

Errors:

Csv Syntax

- The header row did not contain any known column names. The file is most likely missing the header row or not in the expected CSV format.
in line 1 of `routes.txt`

Duplicate ID

- Duplicate ID None in column `route_id`
in line 3 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
6_r0102
```

- Duplicate ID None in column `route_id`
in line 4 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
6_r0103
```

- Duplicate ID None in column `route_id`
in line 5 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
6_r0104
```

- Duplicate ID None in column `route_id`
in line 6 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
6_r0105
```

- Duplicate ID None in column `route_id`
in line 7 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
6_r0106
```

- and 36 more of this type.

Invalid Value

- Invalid value None in field `route_short_name`
Both `route_short_name` and `route_long_name` are blank.
in line 2 of `routes.txt`

route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_desc	route_type
6_r0101					

- Invalid value None in field `route_short_name`
Both `route_short_name` and `route_long_name` are blank.
in line 3 of `routes.txt`

route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_desc	route_type
6_r0102					

- Invalid value None in field `route_short_name`
Both `route_short_name` and `route_long_name` are blank.
in line 4 of `routes.txt`

route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_desc	route_type
6_r0103					

- Invalid value None in field `route_short_name`
Both `route_short_name` and `route_long_name` are blank.
in line 5 of `routes.txt`

route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_desc	route_type
6_r0104					

- Invalid value None in field `route_short_name`
Both `route_short_name` and `route_long_name` are blank.
in line 6 of `routes.txt`

route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_desc	route_type
6_r0105					

- and 186 more of this type.

Missing Column

- Missing column `route_type` in file `routes.txt`
in line 1 of `routes.txt`

route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_desc	route_type

- Missing column `route_id` in file `routes.txt`
in line 1 of `routes.txt`

route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_desc	route_type

- Missing column `route_short_name` in file `routes.txt`

in line 1 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
```

- Missing column `route_long_name` in file `routes.txt`
in line 1 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
```

Missing Value

- Missing value for column `route_id`
in line 2 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
```

```
6_r0101
```

- Missing value for column `route_type`
in line 2 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
```

```
6_r0101
```

- Missing value for column `route_id`
in line 3 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
```

```
6_r0102
```

- Missing value for column `route_type`
in line 3 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
```

```
6_r0102
```

- Missing value for column `route_id`
in line 4 of `routes.txt`

```
route_id agency_id route_short_name route_long_name route_desc route_type
```

```
6_r0103
```

- and 79 more of this type.

Other Problem

- Timetravel detected! Arrival time is before previous departure at sequence number 6 in trip `T_TR_01_1_34`
- Timetravel detected! Arrival time is before previous departure at sequence number 7 in trip `T_TR_01_1_34`

- Timetravel detected! Arrival time is before previous departure at sequence number 6 in trip T_TR_01_1_33
- Timetravel detected! Arrival time is before previous departure at sequence number 7 in trip T_TR_01_1_33
- Timetravel detected! Arrival time is before previous departure at sequence number 6 in trip T_TR_01_0_30
- and 1 more of this type.

Warnings:

No Service Exceptions

- All services are defined on a weekly basis from 2015-01-03 to 2016-09-01 with no single day variations. If there are exceptions such as holiday service dates please ensure they are listed in `calendar_dates.txt`

Other Problem

- Found too many cells (commas) in line 2 of file "routes.txt". Every row in the file should have the same number of cells as the header (first line) does.
in line 2 of `routes.txt`
- Found too many cells (commas) in line 3 of file "routes.txt". Every row in the file should have the same number of cells as the header (first line) does.
in line 3 of `routes.txt`
- Found too many cells (commas) in line 4 of file "routes.txt". Every row in the file should have the same number of cells as the header (first line) does.
in line 4 of `routes.txt`
- Found too many cells (commas) in line 5 of file "routes.txt". Every row in the file should have the same number of cells as the header (first line) does.
in line 5 of `routes.txt`
- Found too many cells (commas) in line 6 of file "routes.txt". Every row in the file should have the same number of cells as the header (first line) does.
in line 6 of `routes.txt`
- and 37 more of this type.

Too Fast Travel

- High speed travel detected in trip T_TR_01_1_04: Autoparc 74 (Granby / Bromont) to Bromont (Depanneur Shefford). 4300 meters in 0 seconds.
- High speed travel detected in trip T_TR_01_1_05: Autoparc 74 (Granby / Bromont) to Bromont (Depanneur Shefford). 4300 meters in 0 seconds.

Unrecognized Column

- Unrecognized column `service_name` in file `calendar.txt`. This might be a misspelled column name (capitalization matters!). Or it could be extra information (such as a proposed feed extension) that the validator doesn't know about yet. Extra

information is fine; this warning is here to catch misspelled optional column names.

in line 1 of `calendar.txt`

service	service_n	mond	tuesd	wednesd	thursd	frid	saturd	sund	start_d	end_da
_id	ame	ay	ay	ay	ay	ay	ay	ay	ate	te

- Unrecognized column `agency_email` in file `agency.txt`. This might be a misspelled column name (capitalization matters!). Or it could be extra information (such as a proposed feed extension) that the validator doesn't know about yet. Extra information is fine; this warning is here to catch misspelled optional column names.

in line 1 of `agency.txt`

agency	agency_n	agency_	agency_time	agency_l	agency_ph	agency_fare	agency_em
_id	ame	url	zone	ang	one	_url	ail

- Unrecognized column `note_fr` in file `trips.txt`. This might be a misspelled column name (capitalization matters!). Or it could be extra information (such as a proposed feed extension) that the validator doesn't know about yet. Extra information is fine; this warning is here to catch misspelled optional column names.

in line 1 of `trips.txt`

route_	service_	trip_	trip_heads	trip_short_n	direction_	shape_	note_	note_
id	id	id	ign	ame	id	id	fr	en

- Unrecognized column `note_en` in file `trips.txt`. This might be a misspelled column name (capitalization matters!). Or it could be extra information (such as a proposed feed extension) that the validator doesn't know about yet. Extra information is fine; this warning is here to catch misspelled optional column names.

in line 1 of `trips.txt`

route_	service_	trip_	trip_heads	trip_short_n	direction_	shape_	note_	note_
id	id	id	ign	ame	id	id	fr	en

Unused Stop

- Montreal (Gare Centrale Via Rail) (ID 601004) isn't used in any trips
- Magog (Chemin Southiere/route 112) (ID 601039) isn't used in any trips
- Lac Brome (ID 601060) isn't used in any trips
- Magog (Depanneur Magog-Orford) (ID 601042) isn't used in any trips
- Magog (Rue Merry/Rue Bowen) (ID 601041) isn't used in any trips
- and 7 more of this type.