



HAL
open science

Approche des liens entre transport de marchandises en ville, formes urbaines et congestion : Le cas de l'Ile-de-France

Adrien Beziat

► **To cite this version:**

Adrien Beziat. Approche des liens entre transport de marchandises en ville, formes urbaines et congestion : Le cas de l'Ile-de-France. Architecture, aménagement de l'espace. Université Paris-Est, 2017. Français. NNT : 2017PESC1036 . tel-01757032

HAL Id: tel-01757032

<https://theses.hal.science/tel-01757032>

Submitted on 3 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITÉ —
— PARIS-EST

ECOLE DOCTORALE « VILLE, TRANSPORTS ET TERRITOIRES »

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est en Aménagement de l'Espace et Urbanisme (CNU 24)

Approche des liens entre transport de marchandises en ville, formes urbaines et congestion

LE CAS DE L'ILE-DE-FRANCE

ADRIEN BEZIAT

THESE DIRIGEE PAR LAETITIA DABLANC

SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 28 JUIN 2017

Jury (par ordre alphabétique) :

Jean-Philippe Antoni, *Professeur des Universités, Université de Bourgogne, Rapporteur*

Alain Bonnafous, *Professeur Emérite, Université Lumière-Lyon 2, Président du jury*

Laetitia Dablang, *Directrice de Recherche IFSTTAR, Directrice de thèse*

Martin Koning, *Chargé de Recherche IFSTTAR, Co-encadrant de thèse*

Cathy Macharis, *Professeure, Vrije Universiteit Brussel, Examinatrice*

Matthew Roorda, *Professeur, University of Toronto, Rapporteur*

Florence Toilier, *Ingénieure de Recherche, Laboratoire Aménagement, Economie, Transports, ENTPE, Université de Lyon, Co-encadrante de thèse*



SOMMAIRE

Sommaire	2
Remerciements	6
Introduction Générale.....	8
Le transport de marchandises et la ville	9
Les enjeux du transport de marchandises en ville	12
La congestion routière, à la croisée des approches disciplinaires	14
Analyse de la congestion provoquée par le TMV : double entrée par l'aménagement urbain et l'analyse spatiale.....	19
Problématique de recherche : l'analyse de l'impact du TMV sur la congestion, et vice-versa	22
Hypothèses de recherche	23
Contexte du travail de thèse.....	23
Organisation générale de la thèse	25
Partie 1 – Formes urbaines et mouvements de marchandises dans la région Ile-de-France	30
Introduction de la Partie 1	30
Chapitre I – Interactions entre transport de marchandises en ville et formes urbaines : définitions et enjeux théoriques.....	32
Introduction	32
1.1 Formes urbaines et systèmes de transport de marchandises : définitions	33
1.2 Formes urbaines et systèmes de transport : revue des littératures pour les marchandises (et les passagers)	38
1.3 Lien formes urbaines – transport : le cas de la région parisienne.....	53
Conclusion.....	61
Bibliographie du chapitre 1	62
Chapitre II – Mesurer la demande pour le TMV : aspects méthodologiques, approche critique	70
Introduction	70
2.1 Mesure des mouvements et des flux de marchandises pour l'Ile-de-France : revue de littérature	71
2.2 Au-delà des grands indicateurs statistiques : présentation des modèles de demande et de Freturb.....	85
Conclusion.....	102
Bibliographie du chapitre 2	103
Chapitre III – Cartographier la géographie des flux de marchandises : analyse de la demande de TMV	106
Introduction	106
3.1 Structure économique métropolitaine : analyse détaillée des grands types d'activité en Ile-de-France	107
3.2 Mesurer et caractériser la demande de marchandises en Ile-de-France.....	113
3.3 Structure économique, localisation des établissements, et génération des mouvements de marchandises en Ile-de-France	124
Conclusion.....	139
Bibliographie du chapitre 3	140

Conclusions de la partie 1	142
Partie 2 – Analyse des déterminants de l’occupation de la voirie : circulation et stationnement des véhicules de TMV	147
Introduction de la Partie 2	147
Chapitre IV – Etude de la forme des parcours : organisations logistiques, contraintes spatiales et temporelles.....	150
Introduction	150
4.1 Parcours des marchandises en ville et connaissances empiriques : revue de littérature	151
4.2 Construction d’une typologie des parcours en fonction de leur organisation logistique	163
4.3 Analyse des formes de parcours des véhicules de marchandises en fonction de leur organisation logistique	179
Conclusion.....	191
Bibliographie du chapitre 4	193
Chapitre V – Les « derniers mètres » de la logistique : analyse du stationnement des chauffeurs-livreurs en milieu urbain	197
Introduction	197
5.1 Les déterminants du choix du mode de stationnement pour le transport de marchandises en ville : revue de littérature.....	198
5.2 Observation empirique de l’impact des différentes dimensions du mode de stationnement	207
Conclusion.....	230
Bibliographie du chapitre 5	232
Conclusion de la Partie 2.....	235
Partie 3 – Occupation de la voirie par les véhicules de marchandises et formation de la congestion 240	
Introduction de la Partie 3	240
Chapitre VI– Evaluation de la politique d’aires de livraisons dans la ville de Paris.....	243
Introduction	243
6.1 Comparaison de l’offre et de la demande en aires de livraison : contexte parisien, démarche et limites 244	
6.2 Analyse de l’offre en stationnement et en aires de livraisons dans la ville de Paris.....	254
6.3 Estimation de la demande d’aires de livraisons à Paris.....	258
6.4 Comparaison de l’offre et de la demande en aires de livraisons à Paris.....	268
Conclusion.....	273
Bibliographie du chapitre 6	275
Chapitre VII – Mesure de la congestion provoquée par le stationnement en double-file à Paris 278	
Introduction	278
7.1 Mesure de la congestion provoquée par le stationnement à Paris : démarche empirique.....	279
7.2 Bases de données pour l’observation du stationnement et pour la mesure du trafic dans une sélection de rues parisiennes.....	285

7.3 Mesure de l'impact du stationnement en double-file sur la formation de la congestion	295
Conclusion.....	306
Bibliographie du chapitre 7	307
Chapitre VIII – Mesure macroscopique de la congestion provoquée par les véhicules de livraisons sur les véhicules particuliers, et vice-versa.....	310
Introduction	310
8.1 Mesure macroscopique de la congestion en Ile-de-France : démarche empirique	312
8.2 Bases de données mobilisées et reconstitution de l'offre et de la demande de routes rencontrées par des individus en Ile-de-France.....	317
8.3 Mesure de l'effet des poids lourds sur la durée des trajets des petits véhicules, et vice-versa	325
8.4 Coûts marginaux de congestion	332
Conclusion.....	335
Bibliographie du chapitre 8	337
Conclusion de la Partie 3.....	340
Conclusion Générale	343
Les organisations logistiques des opérateurs de transport comme adaptation aux spécificités urbaines	343
Liens entre formes urbaines et TMV	344
Occupation de la voirie des véhicules de marchandises et phénomènes de congestion en Ile-de-France ..	346
Discussion des résultats	347
Recherches futures.....	352
Bibliographie Générale	357
Annexes	381
Annexe 1 : questionnaires de l'ETMV-IDF	381
Annexe 2 : strates d'activités utilisées par le LAET (ST8, ST45, ST115)	392
Annexe 3 : Traitements de la Base de Données TMV-IDF « Etablissements » présentés dans le chapitre 1 397	
Annexe 4 : Codes juridiques non prise en compte dans le fichier Altarès.....	398
Annexe 5 : Tableau 3.1.1 ST32	399
Annexe 6 : Choix des fonctions de génération	400
Annexe 7 : Ratio de types de véhicules par ST20	403
Annexe 8 : Ficher d'observation voiries Paris.....	404
Annexe 9 : Pistes de prolongement pour un système d'équations simultanées (chapitre 7).....	405
Annexe 10 : Exploitations supplémentaires chapitre 8.....	407
Table des Illustrations	412
Résumé - Abstract	420
Table des Matières	422

REMERCIEMENTS

En guise de propos liminaires, je souhaite exprimer la profonde reconnaissance que je ressens envers toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ces (presque) quatre ans de thèse, et qui m'ont tant apporté aussi bien professionnellement que personnellement.

Mes premiers remerciements s'adressent aux personnes qui m'ont encadré. Merci à Laetitia Dablanc, qui m'a donné l'opportunité de réaliser ce travail de recherche. Je la remercie du fond du cœur de m'avoir fait confiance, de m'avoir permis de réaliser cette thèse dans des conditions idéales, et pour ses conseils nombreux et pertinents. Je dois aussi beaucoup à Martin Koning, sans qui cette thèse aurait été impossible à réaliser. Sa présence constante et amicale m'a poussé à me dépasser et à explorer des thématiques et des méthodes de recherche que je n'imaginai pas il y a quatre ans. Merci à lui. Merci aussi à Florence Toilier, qui aura été mon encadrante pendant les trois dernières années de ma thèse, et qui a levé pour moi le voile sur les mystères des enquêtes TMV, centrales dans ce travail. Merci enfin à Jésus Gonzalez-Feliu, qui m'a encadré avec gentillesse et m'a fait profiter de ses conseils pertinents jusqu'à son départ du LAET en 2014.

La relecture d'une thèse étant un exercice chronophage, je souhaite aussi à exprimer toute ma gratitude aux membres du jury : Jean-Philippe Antoni, Alain Bonnafous, Cathy Macharis et Matthew Roorda. Leur présence dans mon jury de thèse est un honneur et un grand plaisir pour moi.

Je souhaite remercier particulièrement VREF, qui a financé cette thèse, et m'a permis de réaliser ma recherche dans un environnement de travail d'une qualité incomparable. Ce financement m'a permis d'assister et de participer à plusieurs conférences internationales, qui ont été à chaque fois des expériences inoubliables, enrichissantes aussi bien au niveau personnel que professionnel. Merci en particulier à Geneviève Giuliano de m'avoir donné la chance de participer au Workshop des jeunes chercheurs du réseau VREF.

Je souhaite aussi remercier les personnes avec qui j'ai eu la chance de collaborer. Certaines rencontres ont été primordiales dans l'élaboration de ce travail. Merci aux membres de l'équipe Marchandises en Ville du LAET. Je remercie en particulier Jean-Louis Routhier et Mathieu Gardrat pour leur gentillesse et leurs nombreux conseils. Je souhaite exprimer ma reconnaissance à François Combes, qui a discuté mes travaux au cours de plusieurs séminaires, et m'a ainsi permis de les améliorer. Merci aussi à Luc Charansonay pour sa gentillesse et son enthousiasme à partager ses connaissances de l'étude du trafic avec moi. Merci enfin à Nicolas Raimbault pour sa bonne humeur et sa disponibilité constante pour discuter des enjeux du TMV et de la logistique.

Merci à tous mes collègues de SPLOTT, pour leur accueil chaleureux lors de mon arrivée, pour les petits pots splottiens et pour toutes les discussions et les conseils dont j'ai tiré un profit considérable, qu'ils concernent directement ce travail ou non. Je souhaite remercier en particulier Patrick Niérat, Christophe Munduteguy, David Guerrero, Gwenaëlle Raton, Corinne Blanquart, Nora Mareï, Carlos

Olarte, Eleonora Morganti, Pétronille Rème-Harnay, Reinhard Gressel et Antoine Beyer. Merci aux autres doctorants du laboratoire, Camille, Marion, Aurélie et Pierre, qui ont maintenu une ambiance de bonne humeur et de convivialité pendant toute la durée de mon séjour. Un grand merci à Huong N’Guyen, que j’ai encadrée en stage pendant quatre mois et dont le travail aura été d’une aide précieuse dans les analyses qui suivent. Et j’ai une pensée particulière pour Nicole Verdière pour sa générosité constante, et son aide inestimable pendant ces quatre ans.

Merci à l’équipe de l’IAU, qui m’a accueilli avec bienveillance et m’a permis de profiter d’une exposition à la réalité de l’action publique sur le TMV et la logistique. Merci en particulier à mes deux encadrants là-bas, Robert Allio et Lydia Mykolenko, mais aussi à Elisabeth Gouvernal, Nicolas Boichon (compagnon de bureau hebdomadaire) et Dany Nguyen-Luong.

Merci aussi aux collègues, chercheurs ou professionnels de l’aménagement et du transport que j’ai pu croiser au cours de ce travail de thèse. Merci à Jean Debrie en particulier, sans qui je n’aurais pas accompli ce parcours. Merci à Gaëlle Lesteven, Raymond Woessner, Jean-Baptiste Thébault, Laurence Morin, Cédric Aubouin, et l’équipe de l’APUR (Michèle-Angélique Nicole, André-Marie Bourloin, Julien Gicquel et Sophie Benet). Merci à tous les chercheurs et doctorants venus de l’étranger ou croisés lors de conférences. Je remercie en particulier Takanori Sakai, Leise De Oliveira, Quanquan Chen, Felipe Aros-Vera, Tom O’Brien, Alison Conway, Mathieu Strale et Sonke Behrends.

Enfin, ces remerciements ne seraient pas complets si je ne parlais pas de l’appui permanent et incommensurable que m’ont apporté les personnes qui m’entourent au quotidien. Je veux d’abord remercier en particulier Nathan Bounie, Pierre Launay, Samuel James et Leïla Gaillard, collègues et amis, pour leur bonne humeur et leur bienveillance. La possibilité de partager, à toute heure de la journée, des discussions parfois enflammées sur le transport ou sur n’importe quels autres sujets a été une vraie bouffée d’air frais pendant quatre ans.

Merci à mes ex-colocataires, Mu et P-A qui ont partagé mon quotidien pendant plus de trois ans. Je veux aussi remercier Hub, Max, David, Mathias D., Romano, Eric, Romain, Antoine, Ax, Kevin, Mathias M., Léa, Jeanne, Alé, Julien et Ben, en particulier, pour leur amitié et leur soutien permanent. Merci aussi à ma famille pour leur présence et leurs encouragements. Merci à mon père, ma mère, Juliette et Benjamin. Cette thèse leur est dédiée. Un immense merci, enfin, à ceux qui ont accepté de relire certains chapitres. J’en ai déjà cité quelques-uns : Gwen, Nath, Juju, Pierre, Sam, Mu, mon père, et Téo. Et le plus grand merci de tous à ma mère, qui a relu la traduction anglaise de cette thèse en intégralité (et a sauvé ce qu’elle pouvait du massacre !).

Et enfin, merci à Adeline, qui a tant apporté à ma vie depuis cinq ans.

INTRODUCTION GENERALE

Paris est, depuis janvier 2017, la plus grande « Zone à Circulation Restreinte » (ZCR) de France. Les conducteurs de véhicules motorisés doivent dorénavant être dotés de la vignette « Crit'air » pour pouvoir circuler, vignette dont l'obtention dépend de la date de mise en service du véhicule. Cette nouvelle réglementation mise en place par la ville de Paris est la dernière en date d'une longue série de mesures visant à limiter les impacts négatifs du transport routier sur les environnements urbains.

Ces mesures ne visent pas spécifiquement les livraisons urbaines, mais elles ont un impact direct sur celles-ci. En raison des exigences de rapidité, flexibilité et livraisons en porte-à-porte, environ 90% du trafic interne (en tonnes) de marchandises est réalisé par le mode routier en Ile-de-France.¹ Parallèlement à ce rôle de « police » du trafic, les autorités publiques locales et régionales jouent (de plus en plus) un rôle d'accompagnement des innovations liées à l'amélioration et à l'optimisation des opérations des transporteurs.

Le 5 mars 2015, lors de sa Journée de « Rencontres de la logistique urbaine d'Ile-de-France » le conseil régional francilien a présenté une politique s'articulant autour de trois axes : promotion du report modal (via des subventions), sauvegarde d'espace pour la logistique (notamment en zone dense) et harmonisation des contraintes réglementaires.

La ville de Paris n'est pas en reste : elle a lancé un appel à projets d'expérimentation pour la logistique urbaine durable en 2015. Au total, vingt-deux projets de *start-ups* ont été retenus et labellisés dans plusieurs domaines : la mutualisation des flux, le développement de lieux de stockage et de consigne, l'optimisation de l'opération de livraison et du stationnement, la rationalisation des tournées, et le développement des solutions de transport alternatives.²

Les acteurs publics locaux ou régionaux ont, eux-aussi, un rôle d'organisation du transport de marchandises en ville et de la logistique urbaine, rôle qui s'est trouvé renforcé par la loi NOTRe (Nouvelle Organisation Territoriale de la République), n°2015-991 du 7 août 2015, qui remplace les anciennes autorités organisatrices de transports urbains (AOTU) par des autorités organisatrices de la mobilité (AOM). Ces AOM peuvent, « afin de réduire la congestion urbaine

¹ <http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/repartition-du-traffic-national-par-mode-a1013.html>

² <http://www.actu-transport-logistique.fr/routier/logistique-urbaine-paris-a-fait-le-tri-dans-les-quot-solutions-innovantesquot-184762.php>

ainsi que les pollutions et nuisances affectant l'environnement [...], en cas d'inadaptation de l'offre privée [...], organiser des services publics de transport de marchandises et de logistique urbaine ».³

L'objectif généralement poursuivi par ces collectivités est la régulation du trafic routier et de ses impacts négatifs sur l'environnement : réduction de la pollution, du bruit, des risques d'accident et de la congestion. Bien que l'objectif ne soit pas toujours exprimé de cette manière, le but est *in fine* de réduire le nombre de véhicules-kilomètres (vkms) parcourus dans les agglomérations, ou au moins de contribuer à améliorer ou optimiser les conditions de ces déplacements.

Au cours de cette thèse, nous proposons d'analyser l'occupation de la voirie urbaine par les véhicules de transport de marchandises en Ile-de-France. Afin de mener à bien cette étude, nous considérerons les formes de cette occupation de la voirie, ainsi que ses déterminants. Nous examinerons aussi le rôle du transport de marchandises en ville – via cette occupation de la voirie – sur la formation de la congestion routière et de ses coûts.

Dans cette introduction générale, nous définissons et décrivons notre sujet de recherche sous trois angles : le transport de marchandises en ville, les différents enjeux qu'il pose, et la congestion routière. Nous exposerons ensuite notre entrée théorique, notre problématique et nos hypothèses de départ, le contexte de la réalisation de ce travail, ainsi que le déroulé de cette thèse.

Le transport de marchandises et la ville

La perception du transport de marchandises en ville (TMV) est souvent restreinte à sa seule manifestation physique la plus évidente : le poids lourd. Dans un sens plus large, le TMV renvoie plutôt à un « circuit » impliquant l'ensemble des activités permettant la circulation des flux matériels dans la ville.

On peut ainsi prendre en compte « *la sphère productrice de biens de consommation (l'industrie lourde puis l'industrie de biens de consommation et intermédiaires), qui alimente les différents étages du système de distribution (plateformes logistiques [...], le commerce de gros, puis, plus près des populations, le commerce de détail. Le circuit se poursuit, d'autre part, jusqu'au consommateur sur son lieu d'habitat (les déplacements d'achat [auxquels il faut ajouter les*

³ <http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/etudes-a99.html>

livraisons à domicile]), sans oublier les flux qui alimentent le système de gestion de la ville (entretien des réseaux urbains, chantiers, colis postaux, etc.). Le cycle s'achève par différents circuits d'élimination des déchets » (Routhier, et al., 2002). Cette définition permet de considérer le TMV comme un système, ces différents composants étant interdépendants les uns des autres.

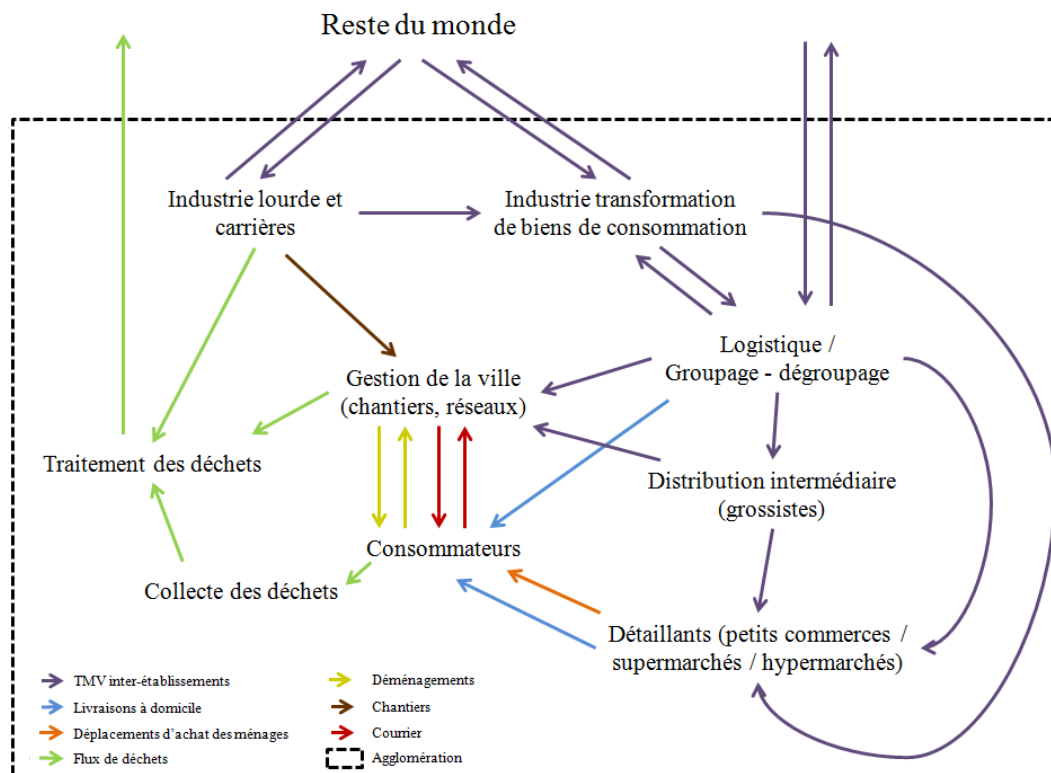


Figure 0.1.1 – Représentation schématique du transport de marchandises en ville (d'après Routhier, et al., 2002)

La Figure 0.1.1 illustre la complexité du TMV, lorsque l'on prend en compte l'ensemble des flux de matériaux qui circulent dans une agglomération. D'après des estimations proposées à la fin des années 1990 (Patier & Routhier, 2009a), les flux inter-établissements représenteraient environ 40% de l'ensemble des vkms générés par le TMV en agglomération, les déplacements d'achats motorisés des ménages environ 50%, et les « flux urbains divers » (déchets, chantiers, déménagements, courriers) environ 10%. Ces chiffres ne prennent pas en compte les changements récents du secteur du TMV, notamment la croissance conséquente des livraisons à domicile liées au e-commerce.

Cette définition, étant donnée la vision systémique du phénomène qu'elle suppose, est très large. Elle prend en considération des secteurs économiques très différents et des activités très variées : transport, mais aussi opérations logistiques comme le stockage facilitant, voire permettant, la circulation des biens. Dans le cadre de cette thèse, nous adoptons une définition

plus restreinte du TMV, justifiée par notre objet d'étude : les caractéristiques opérationnelles de l'activité des véhicules de marchandises, et leurs impacts en termes de congestion routière. Plusieurs considérations contribuent à délimiter notre définition de cet objet.

Laetitia Dablanc propose de définir le TMV comme « *l'organisation, par ou pour des professionnels, du déplacement des produits dans un territoire urbain* » (Dablanc, 1997). Cette définition privilégie les activités qui impliquent des professionnels (comme chargeurs, transporteurs ou destinataires) et exclut de ce fait les déplacements d'achat des ménages, qui répondent à d'autres logiques et à d'autres formes d'organisation.

Derrière le déplacement des marchandises entre les établissements économiques d'une ville, il y a des entreprises, avec leur main d'œuvre. Leur activité de transport fait partie d'un processus industriel (Savy, 2011). Ce processus industriel, selon ses caractéristiques, peut être proposé comme un service à d'autres entreprises qui y auront recours selon leurs besoins. Les entreprises qui proposent ces services forment le secteur d'activité du transport de marchandises.⁴ Parfois aucune entreprise ne propose le « juste » service recherchée par l'entreprise consommatrice. Dans ces cas-là, le processus peut aussi être assuré par l'entreprise elle-même : on parle dans ce cas-là de transport en compte propre.⁵

Nous considérons donc le transport de marchandises comme un processus industriel, avec ses caractéristiques, et son organisation, ses logiques économiques et ses réglementations (Savy, 2011). Il nécessite donc d'être distingué d'autres formes de déplacements de biens physiques comme les chantiers, la distribution du courrier, la collecte des déchets ou les déménagements, qui répondent à de processus de production distincts.

Pour notre part, nous ne prenons pas en compte les livraisons à domicile et nous nous concentrons sur le TMV inter-établissement. La distinction entre les deux formes de déplacements de marchandises se justifie principalement de deux façons. La première considération est d'ordre méthodologique : nous n'avons en effet pas de moyen de mesurer ces livraisons à domicile, l'enquête que nous exploitons se concentrant sur les établissements économiques de la ville (voir chapitre 2 en particulier).

⁴ Au sens de l'INSEE : un regroupement d'entreprises qui ont la même activité principale (au regard de la nomenclature d'activité considérée). <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1831>

⁵ « *Le transport en compte propre est établi lorsque la marchandise est la propriété de l'entreprise ou a été vendue, achetée, louée, produite, extraite, transformée ou réparée par elle, et est transportée par cette entreprise pour ses besoins propres à l'aide de ses propres véhicules et conducteurs, ou de véhicules pris en location avec ou sans conducteurs ; le transport doit rester une activité accessoire de l'entreprise* » (circulaire n°2000-17 du 10 mars 2000).

La deuxième raison est liée à des considérations plus théoriques et reprend les arguments évoqués jusqu'ici : la livraison à domicile est un sous-secteur économique du TMV aux processus de production de l'offre de transport très particuliers et spécifiques. Les processus du TMV inter-établissement sont relativement plus homogènes au niveau des pratiques (même si l'un de nos objectifs, au cours de cette thèse, est justement de montrer leur hétérogénéité interne).

Enfin, nous nous concentrons sur les caractéristiques de l'opération du transport, c'est-à-dire que nous excluons de fait l'analyse des opérations réalisées au sein d'infrastructures ponctuelles des réseaux de TMV. Ces opérations « nodales » peuvent se dérouler à l'intérieur des entrepôts et des plateformes, dans les lieux de départ (de production) ou dans les lieux de destination (de distribution) : stockage, manutention, packaging, transbordement... Nous nous focalisons sur les activités se déroulant hors des établissements, qui concernent les caractéristiques de l'opération réalisée par les chauffeurs : circulation et stationnement des véhicules, et livraison des marchandises jusqu'à l'établissement.

Gardant à l'esprit la complexité du déplacement des flux de matériaux et de biens qui constituent le TMV au sens large, nous choisissons donc de nous concentrer sur les opérations de transport qui concernent les établissements économiques de la ville.

Les enjeux du transport de marchandises en ville

Le TMV est un secteur indispensable à toutes les autres activités urbaines. La demande de transport de marchandises est induite par l'activité des autres entreprises (usines, commerces, bureaux...). En conséquence, tout facteur influençant le coût du transport de marchandises et particulièrement la séquence souvent urbaine du « dernier kilomètre » – le dernier maillon de la chaîne de livraison qui s'arrête chez le client final – peut avoir un impact sur la performance économique globale des entreprises d'un territoire.

On estime que les coûts logistiques globaux représentent 10 à 15% du chiffre d'affaire des entreprises (selon le secteur d'activité), dont plus de la moitié pour le transport (ASLOG, 2009). Le poids du dernier kilomètre dans ce coût est variable selon les secteurs d'activité considérés, généralement estimé entre 20% (Gibert, 2014) et un tiers (La Croix, 2016) du coût logistique total. Dans le secteur de la messagerie, le coût des tournées de livraisons / enlèvements représente environ 10 à 30% (selon le poids de l'envoi) du coût de transport total (Beyer, 1999).

Le deuxième enjeu économique du TMV est lié à son importance en tant que secteur à part entière. Il représente environ 3,1% du PIB français en 2014 et 1,2% de l'emploi total (CCTN, 2014). On considère généralement qu'il représente 2 à 5% de l'emploi d'une agglomération (Dablanc, 1998). C'est aussi un secteur d'activité en grandes difficultés. Le secteur de la messagerie, très présent dans les zones urbaines, est déficitaire presque tous les ans, le coût du transport étant supérieur aux prix pratiqués depuis 2010 (CCTN, 2014).

Ces difficultés du secteur nous amènent à évoquer les enjeux sociaux du TMV. Cette enjeu se joue d'abord au niveau des entreprises. Le TMV est un secteur fragile économiquement, composé en majorité de très petites entreprises et d'artisans indépendants, avec un taux de faillite conséquent (CCTN, 2014), et le secteur se caractérise par un recours très fréquent à la sous-traitance (Harnay, et al., 2014).

Ces difficultés se manifestent aussi au niveau de l'activité des chauffeurs-livreurs, dont le métier est souvent décrit comme pénible et difficile (Cholez, 2002a), en plus d'être peu rémunérateur, particulièrement pour les conducteurs de véhicules légers très présents sur le segment urbain (Dablanc, 2012). Dans *La Course ou la Ville*, Eve Charrin décrit le quotidien des chauffeurs-livreurs. Ils doivent être capables de concilier des intérêts contradictoires multiples : les exigences du client, la pression des autres automobilistes, l'impatience des consommateurs et l'aspiration à la tranquillité des riverains, dans un environnement urbain rarement adapté à leur activité (Charrin, 2014).

Cette remarque sur l'inadéquation des environnements urbains pour l'activité du TMV nous conduit à aborder l'enjeu environnemental (au sens large du terme) du TMV. Le TMV est vecteur de nombreuses externalités négatives⁶ : pollution, accidents, bruit, et bien sûr congestion routière, qui sera le sujet central de ce travail de thèse.

On estime que dans les agglomérations françaises, le transport de marchandises représente une part très importante du CO₂ (un quart environ) et des polluants locaux liés au trafic urbain : 20% des émissions de monoxyde de carbone, 36% des émissions d'oxyde d'azote, 25% des hydrocarbures imbrûlés, 44% du dioxyde de soufre et 60% des particules fines (Albergel, et al., 2006).

Selon les chiffres de 2015 de l'Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière (ONISR), 12,2% des accidents mortels sans tiers en France ont impliqué des véhicules utilitaires légers et des poids lourds. Les deux catégories de véhicules ont aussi participé à

⁶ En économie, on parle d'externalités négatives lorsque l'action d'un individu peut affecter négativement le bien-être d'autres individus, sans que l'interaction ne fasse l'objet d'une transaction économique.

31,3% des collisions mortels (ONISR, 2016). En Ile-de-France, pour la même année, les véhicules utilitaires et les poids lourds ont été liés à 23,2% des accidents mortels pour les piétons (DRIEA, 2016).

Les nuisances sonores, ensuite, sont liées au bruit du moteur (à l'arrêt ou en vitesse faible), au roulement sur la chaussée (à vitesse élevée), aux équipements du véhicule (hayon élévateur, équipement frigorifique), à la manutention, et à l'ouverture et la fermeture des portes. Pendant l'heure de pointe du matin à Bordeaux, on a estimé que les véhicules de marchandises ajoutaient en moyenne 5 dB(A) supplémentaires au bruit des voitures particulières (Albergel, et al., 2006).

Enfin, on estime que le transport de marchandises représente, selon les agglomérations, entre 9 et 15% des déplacements de véhicules, entre 13 et 20% des vkms parcourus et entre 15 et 25% des vkms « équivalents-véhicules particuliers » (en comptant 1,5 VP pour un véhicule utilitaire léger, 2 VP pour un camion porteur, et 2,5 VP pour un camion articulé) d'une agglomération (LET, 2000). Dans cette thèse, notre objectif est d'approfondir spécifiquement cette problématique de l'occupation de la voirie par les véhicules de livraisons.

La congestion routière, à la croisée des approches disciplinaires

Le terme de congestion apparaît au 19^{ème} siècle. D'abord utilisé dans le registre de la médecine, il désigne ensuite une circulation trop dense de personnes et de véhicules, remplaçant les termes « d'embarras » et « d'encombrement » utilisés respectivement à partir du 16^{ème} et 18^{ème} siècle (Lesteven, 2012). Ce rappel historique permet de souligner que le phénomène de congestion est antérieur à l'invention de l'automobile, et décrit à la base une ville trop « pleine ».

Les ingénieurs du trafic décrivent plus spécifiquement la congestion routière comme la gêne que les usagers de la voirie s'imposent les uns aux autres sur les routes, occasionnant des ralentissements et des pertes de temps. Pour le formuler autrement, la congestion apparaît lorsque la demande des utilisateurs d'une route est supérieure à la capacité de l'infrastructure, entraînant une baisse de la qualité de service pour les usagers (Buisson & Lesort, 2010).

Pour les ingénieurs du trafic, il existe deux formes de congestion (Buisson, 2014) : la congestion de demande, générée par l'augmentation de la demande, comme c'est le cas en heure de pointe ; et la congestion de l'offre, générée par la diminution de la capacité de l'infrastructure, comme c'est le cas par exemple à cause d'un accident. On parle aussi de congestion récurrente ou non-récurrente.

Pour l'analyse du trafic routier, trois variables principales sont prises en compte : le débit (le flux de véhicules), la concentration (le nombre de véhicule par portion de route) et la vitesse. Les trois variables (débit, concentration, et vitesse) sont liées par les différentes représentations du diagramme fondamental de la congestion (Figure 0.3.1).⁷

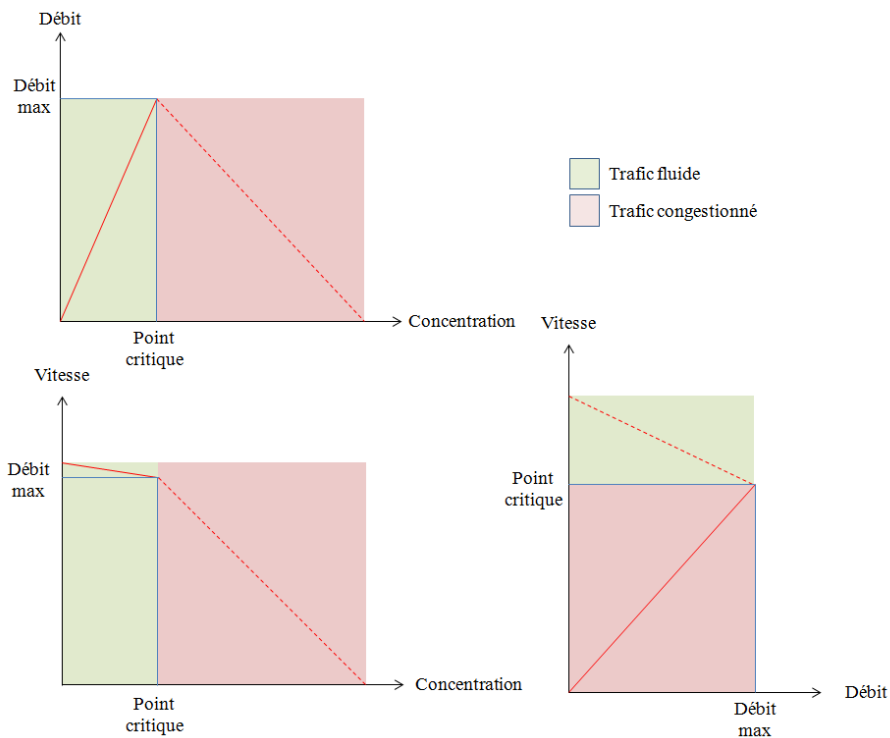


Figure 0.3.1 – Les trois formes du diagramme fondamental de la congestion
(d'après Buisson et Lesort, 2010)

Prenons le cas d'une infrastructure hypothétique, peu emprunté à un moment donné. Au fur et à mesure que le flux de véhicule (le débit) augmente, la concentration augmente. Dans la phase de trafic fluide, la relation entre débit et concentration est positive. L'écoulement du trafic est libre, et les véhicules peuvent circuler à une vitesse quasiment égale à la vitesse maximum autorisée. La vitesse reste donc plus ou moins constante.

Cette relation reste possible jusqu'à ce que le point critique, correspondant à la capacité théorique de la voirie, soit atteint. C'est le point où l'écoulement libre du trafic n'est plus possible et où l'on passe en phase de congestion : les véhicules se gênent les uns les autres et un goulot d'étranglement se forme. Le débit diminue, la vitesse baisse, alors que la concentration des véhicules sur l'infrastructure continue d'augmenter. La vitesse et le débit peuvent chuter jusqu'à l'immobilisation des véhicules. L'appréhension de la congestion des

⁷ Notons que nous décrirons plus en détail le diagramme fondamental de la congestion dans le chapitre 7.

ingénieurs du trafic est donc avant tout physique : elle est liée aux capacités d'une infrastructure et à une demande à un moment donné.

Les économistes, eux, considèrent la congestion comme une des externalités négatives principales liées au transport routier. Cela signifie que l'utilité qu'un individu retire de la consommation de l'infrastructure routière peut être affectée négativement par d'autres consommations effectuées par d'autres individus, sans intégration dans un processus de marché (Small & Verhoef, 2007).

Dit autrement, les capacités limitées des infrastructures routières sont la source d'une importante destruction de bien-être économique, notamment dans les zones proches des centres-villes où se concentrent la demande, et durant les heures de pointe. S'il ne prend en compte que le coût privé (ou généralisé) de son déplacement, l'automobiliste empruntant une route augmente la congestion de celle-ci. Il réduit la vitesse de circulation proposée par l'infrastructure, c'est-à-dire sa qualité de service, imposant un coût (social) à tous les autres voyageurs présents : il y a donc des automobilistes « en trop » sur la route (Koning, 2011).

Les économistes considèrent ainsi le coût généralisé du transport, qui inclue l'ensemble des coûts du déplacement (prenant généralement en compte les frais de transport, le temps du trajet et les coûts liés à l'inconfort).⁸

Dans la théorie économique, cette perte de temps peut être évaluée et monétarisée : le temps est analysé comme une ressource intermédiaire indispensable à la réalisation des activités humaines (Becker, 1965). Le temps consommé représente un coût d'opportunité pour les voyageurs, dont la valeur dépend de l'utilité que ceux-ci pourraient obtenir en substituant à ce temps de trajet une autre activité.

Les économistes s'appuient sur l'approche technique des ingénieurs du trafic, qu'ils enrichissent en introduisant la demande d'utilisation de la route (Prud'homme, 1999a), à distinguer de la demande effective de la route (le débit).

⁸ L'estimation monétaire de la valeur du temps est une pratique ancienne pour le transport de passagers. Le cas du transport de marchandises est complexe, puisque les objets ne « disposent » pas de leur temps. Les entreprises cherchent à maximiser leur profit et non pas l'efficacité de l'utilisation de leur temps. La valeur du temps de l'envoi dépend des avantages qu'il procure à la fois au producteur, au transporteur et au récipient (Quinet, 2013). Plusieurs critères de l'envoi comme la durée, la fiabilité, la sécurité, la fréquence, l'adaptabilité ou la qualité de l'information sont à prendre en compte (Boiteux, 2001). Le calcul des valeurs du temps fait l'objet de débats théoriques et méthodologiques, que nous n'aborderons pas dans cette thèse : « *il y a autant de valeurs du temps que de manières de le passer* » (Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2013).

Sur la Figure 0.3.2, la quantité d'utilisation de la route (q , exprimée en vkm) est représentée en abscisse, et le coût unitaire de cette utilisation (en € / vkm) en ordonnée. $D(q)$ est la courbe de demande inverse qui représente l'utilisation de la route en fonction du bénéfice marginal que retirent les voyageurs de cette utilisation.

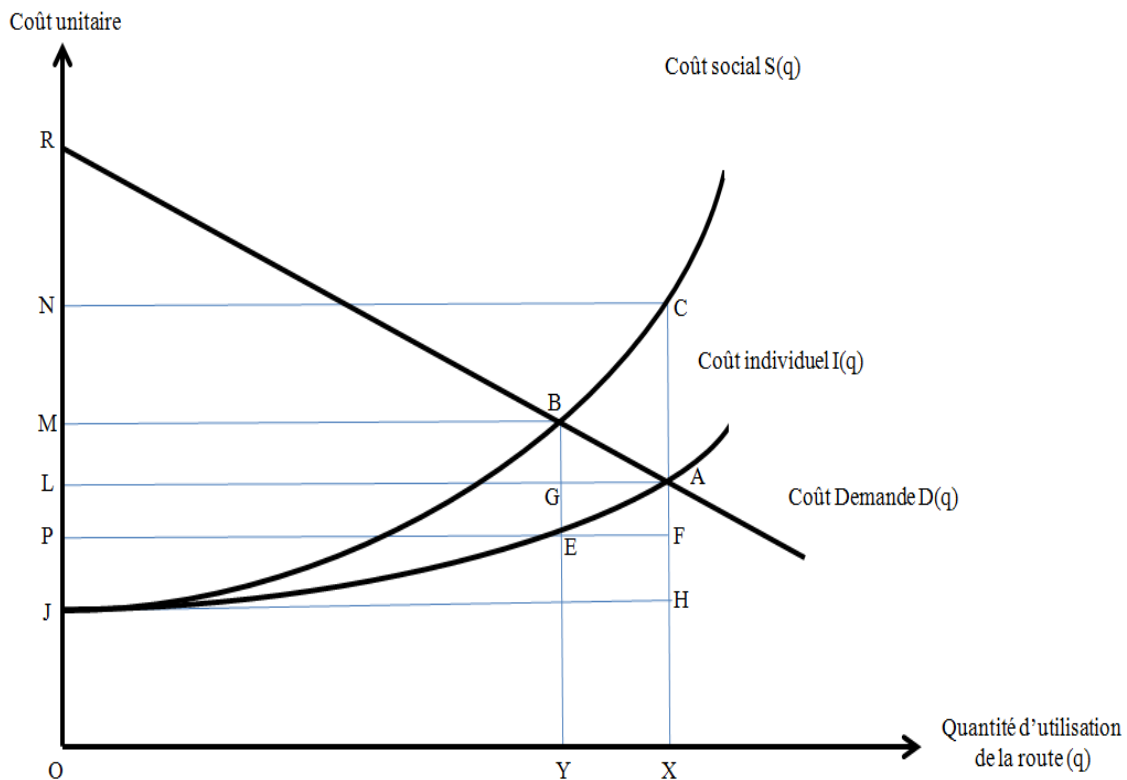


Figure 0.3.2 – Le coût marginal de congestion en économie des transports
(Prud'homme, 1999a)

La courbe $I(q)$ représente le coût supporté par un automobiliste. Quand l'automobiliste est seul sur la route ($q=0$), ce coût est J . Quand le nombre de véhicules sur la route augmente, la vitesse se réduit, en raison du phénomène de congestion. Le temps nécessaire pour parcourir 1 km va donc augmenter, impliquant une hausse de $I(q)$.

L'équilibre est atteint en A , là où $I(q)$ coûte $D(q)$, avec un coût unitaire égal à L et une quantité d'utilisation des routes X . A ce point, l'automobiliste marginal supporte un coût égal au bénéfice marginal qu'il tire de l'utilisation de la route. Au-delà, il supporterait un coût plus grand que le bénéfice qu'il retirerait, et ne voudrait donc pas utiliser la route.

Cet équilibre n'est pas « optimal » au sens économique puisqu'il implique une perte de bien-être collectif. On le voit lorsque l'on considère $S(q)$, le coût social créé par un véhicule en fonction de l'utilisation de la route. Ce coût social est égal au coût individuel $I(q)$ supporté par le conducteur, augmenté du coût que le véhicule fait perdre à tous les autres en les ralentissant.

Cet automobiliste marginal inflige à chacun des autres utilisateurs un surcoût, qu'on peut appeler le coût social marginal de la congestion (Pigou, 1912), qui correspond à CA sur le graphique. Cette approche sera « empruntée » aux économistes dans le cadre de ce travail de thèse.

L'équilibre optimal pour la société est obtenu au point B, où $S(q)$ croise $D(q)$, qui correspond au coût unitaire M et à la quantité d'utilisation Y. Au-delà de Y véhicules, un véhicule supplémentaire engendre un coût social plus grand que le bénéfice social qu'il crée. Ainsi, la « perte sèche » liée à la surutilisation des routes, par rapport à l'optimum, équivaut à BCA.⁹

Ce type d'analyse est relativement courant en économie des transports. La plus ou moins grande demande de route des poids lourds modifie la forme de la fonction du coût généralisé et social, puisqu'on considère généralement que les poids lourds équivalent à plusieurs véhicules passagers, en raison de leur taille, leur relative lenteur et leur manque de maniabilité. Des « coefficients d'équivalence » entre poids lourd et véhicules de passagers sont souvent calculés pour l'analyse du trafic routier (SETRA, 2001; LET, 2000).

De même, un chauffeur-livreur stationnant en double-file va également avoir une incidence sur la forme de cette fonction, qui est estimée pour une offre à capacité donnée : puisqu'il « capte » une partie de la capacité viaire, il influe sur la qualité de service de l'infrastructure, et donc sur le temps de parcours des autres utilisateurs (à demande constante) et, au final, sur le coût généralisé des trajets.

Bien qu'une littérature existe sur le lien entre transport de marchandises et congestion (nous l'analyserons dans les chapitres 7 et 8), les connaissances sur le sujet sont perfectibles. Dans cette thèse, nous proposons une analyse de la congestion routière en Ile-de-France prenant en compte les opérations de TMV dans la forme des fonctions de congestion.

⁹ D'autres coûts de congestions peuvent être calculés. Par exemple, dans un référentiel macro-économique, on pourrait calculer un coût total de la congestion, en traduisant le temps perdu dans les bouchons en équivalent-argent par rapport à une situation sans congestion. Cette méthode « naïve » (Koning, 2013) repose sur un présupposé discutable (Prud'homme, 1999a; Boiteux, 2001), qui conduit à surestimer les coûts de congestion : la situation « sans congestion » correspond à des routes vides qui permettent une circulation totalement fluide. Or, les routes ne sont pas construites pour rester vides, la congestion étant au contraire signe de vitalité économique : « l'alternative mythique » de la circulation fluide permanente n'est envisageable dans aucune grande métropole (Downs, 2004).

Analyse de la congestion provoquée par le TMV : double entrée par l'aménagement urbain et l'analyse spatiale

La notion de congestion n'a pas réellement d'identité propre dans la recherche en géographie ou en aménagement. Dans *La Géographie des Transports* (Bavoux, et al., 2010), par exemple, la congestion est abordée au chapitre sur le financement des infrastructures. La congestion résulte des caractéristiques techniques des infrastructures, qui comportent des goulots d'étranglement linéaires (un corridor saturé) ou ponctuels (des nœuds routiers ou des grandes agglomérations).

La congestion est considérée comme l'une des conséquences socio-économique d'un défaut de conception ou de gestion d'un réseau de transport, au même titre que les différentiels d'accessibilité entre les personnes, les risques d'accidents, les impacts sur la qualité de l'air ou le bruit. Cette lecture géographique reconnaît les résultats de la congestion : « coûts supplémentaires, retards et gaspillage d'énergie » (Rodrigue, et al., 2017). Bref, cette approche n'est pas différente de celles des ingénieurs du trafic ou des économistes.

La congestion nous semble pourtant être un phénomène éminemment spatial : d'une part, la congestion est liée à la demande de transport (et à sa localisation) qui dépend directement des caractéristiques fonctionnelles d'un territoire. D'autre part, elle est liée aux caractéristiques spatiales et morphologiques des villes, qui limitent l'offre de transport. Avant d'être causée par l'automobile, la congestion est due à « l'urbanité » (Barles, 2006) du territoire, qui crée la demande, et à son espace par nature rare et borné (Dupuy, 1995), qui limite l'offre. La prise en compte de ces variables, qui définissent les conditions de la formation de la congestion, nous semble être une entrée spatialisée pertinente.

Dans la littérature, cette entrée géographique et aménagiste de la congestion est abordée dans deux contextes. Le premier concerne une littérature qui vise à retracer l'histoire de la ville et de ses réseaux, que nous avons déjà évoquée plus haut, avec les travaux de Sabine Barles (2006), de Gabriel Dupuy (1995), ainsi que les analyses de Mathieu Flonneau (2003a et 2003b) qui retracent l'histoire de l'automobile, ou encore d'Asha Weinstein qui aborde les formes de perception de la congestion dans l'histoire (Weinstein, 2006).

La deuxième approche est l'analyse systémique des liens entre formes urbaines et systèmes de transport. Dans ces approches, la congestion est analysée comme l'un des phénomènes pouvant impacter les temps de parcours, permettant d'affiner la mesure de l'accessibilité déterminée par les réseaux de transport. Cette accessibilité a à son tour un impact sur l'attractivité de certaines zones de l'espace urbain, ce qui modifie les formes urbaines de la ville. Ces formes urbaines

vont ensuite, à leur tour, amorcer de nouvelles dynamiques de mobilité, redéfinissant la congestion et les temps de parcours, enclenchant un système rétroactif de liens entre espace et transport.

Le meilleur exemple de la formalisation des liens entre urbanisme et transport concerne peut-être l'élaboration des modèles Occupation du Sol – Transport (OST) ou modèles LUTI (*Land-Use Transport Interactions*), qui permettent d'estimer les liens entre les différentes variables évoquées ci-dessus (Antoni, 2010). Ces modèles tentent de prendre en compte les interactions et boucles de rétroaction enclenchées par les modes d'occupation du sol existant.

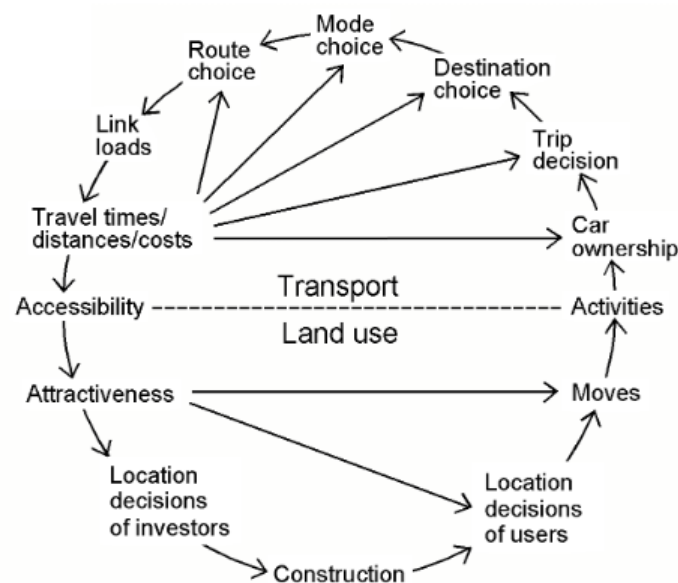


Figure 0.4.1 – Interactions urbanisme – transport dans les modèles LUTI (Wegener, 2004, cité dans Antoni & Vuidel, 2010)

Cette occupation du sol (les formes socioéconomiques du territoire) génère des déplacements empruntant les réseaux de transport, qui déterminent les conditions d'accessibilité sur un territoire donné. En retour, cette accessibilité et les coûts de transport en résultant influencent les choix de localisation des acteurs du système, ainsi que les choix de planifications des modes d'occupation du sol, et donc l'implantation des entreprises et des ménages. Il est intéressant de noter le fait que malgré le grand nombre de modèles LUTI existant, seuls un petit nombre d'entre eux prennent en compte les déplacements de marchandises (de Lapparent, 2013).

L'analyse du lien entre formes urbaines et systèmes de transport fait l'objet d'une littérature conséquente, et deux questions se posent de manière récurrente : quel est l'impact des systèmes de transport sur les formes urbaines ? Et au contraire, quels sont les impacts des formes urbaines

sur les pratiques de mobilité des individus ? S'interroger sur le lien entre formes urbaines et congestion est l'occasion de ne pas traiter la congestion comme un simple problème de contraintes capacitaires des infrastructures, propre à l'ingénierie des transports, mais le traiter comme un problème spatial.

Puisque la congestion est fonction de la demande, alors il faut la traiter en prenant en compte la distribution des activités humaines sur le territoire, qui génère la mobilité. Puisque c'est aussi une question d'offre, le problème de dimensionnement des infrastructures routières et donc de la voirie se pose. En tant que lieu de concentration des activités humaines et de faible dimensionnement des infrastructures de circulation et de stationnement, on peut dire que la ville entretient une relation consubstantielle avec la congestion.

La congestion est variable dépendante des systèmes de transport, puisqu'elle est fonction des infrastructures de transport et des pratiques de mobilité. En même temps, elle agit sur les performances des infrastructures de transport (baisse de la qualité de service, notamment la vitesse), et donc sur l'accessibilité d'un territoire. Elle agit par conséquent sur les pratiques de mobilité, puisque la dégradation de la qualité de service entraîne une augmentation des coûts de transport et donc une réévaluation de l'arbitrage des agents économiques concernant leurs pratiques de mobilité et leur localisation (Lesteven, 2012).

Cette thèse est ancrée dans ce positionnement, basé sur une analyse socio-économique de la congestion. Nous considérons la congestion comme un phénomène survenant lorsqu'une infrastructure aux capacités fixes fait face à une demande trop importante, entraînant une baisse de la qualité de service de l'infrastructure pour tous ses utilisateurs. Or, nous considérons les origines de ce phénomène comme étant spatiales : localisation des agents les uns par rapport aux autres, insuffisance des infrastructures de transport et de stationnement en milieu urbain et choix des acteurs en fonction de ces caractéristiques. Nous souhaitons donc souligner le fait que la mobilisation de ces différentes définitions de la congestion servira constamment dans cette thèse un propos qui se réclame d'une double entrée par la géographie et l'urbanisme.

L'entrée géographique est justifiée par la nature spatiale des phénomènes que nous souhaitons explorer. L'entrée aménagiste est justifiée par deux aspects. D'abord, le rapport étroit entre les formes de la ville et les formes du transport, que nous aborderons particulièrement dans le chapitre 1, puis en filigrane tout au long de la thèse. Ensuite, par la référence constante aux politiques publiques concernant la régulation et l'optimisation du transport de marchandises en ville.

Problématique de recherche : l'analyse de l'impact du TMV sur la congestion, et vice-versa

A travers l'exposition de ces premiers éléments théoriques et factuels, nous montrons que faire les liens entre transport de marchandises, formes urbaines, et congestion nécessite de démêler les impacts de ces différents éléments du système les uns sur les autres.

Nous avons mis en évidence que la congestion est un phénomène physique dépendant des caractéristiques et de la capacité d'une infrastructure de transport, ainsi que de la demande pour cette infrastructure. Mais nous avons aussi relié ce phénomène physique à des considérations plus larges associées aux formes spatiales de la ville. Comment décrire les liens entre ces différents éléments pour comprendre, en particulier, l'impact du TMV sur la congestion ? Plus précisément nous répondrons à la problématique suivante :

Comment caractériser le rapport entre TMV et congestion, en gardant à l'esprit que ce lien constitue une boucle de rétroaction, l'un agissant sur l'autre et vice-versa ?

Cette question se décompose en réalité en deux questions, l'ordre important peu :

Quel est l'impact des formes urbaines, et de la congestion en résultant, sur les caractéristiques opérationnelles le transport de marchandises en ville ? Quel est le rapport entre les formes urbaines et l'impact des déplacements de marchandises en termes d'occupation de la voirie et donc de congestion, et de ses coûts ?

Cette problématique croise de nombreux enjeux empiriques et théoriques. En ville, la ressource rare est l'espace. Cet espace est de plus soumis à une concurrence entre de nombreux utilisateurs potentiels aux usages variés et parfois contradictoires. Empiriquement, notre objectif est donc d'une part la mesure de l'usage d'une portion (qui dans le cas de Paris, se raréfie pour les véhicules motorisés) de l'espace public : la voirie. Dans cette thèse, nous mesurerons l'occupation de la voirie par les véhicules de marchandises en circulation et en stationnement, et les déterminants de cette occupation de la voirie.

Par ailleurs nous croiserons cette occupation de la voirie avec des considérations liées aux formes urbaines (infrastructure, autres utilisateurs de la voirie) afin de mesurer non seulement l'impact du transport de marchandises en ville (sa circulation et son stationnement) sur la formation de la congestion, mais aussi l'impact de la congestion sur le TMV.

Hypothèses de recherche

Pour répondre à cette problématique, nous choisissons d'articuler notre raisonnement autour de trois hypothèses principales.

Notre première hypothèse tourne autour de la nature du TMV en tant que secteur d'activité spécifique. Le transport de marchandises en ville, même limité aux flux inter-établissements, est une activité aux processus de productions et aux logiques d'organisation variés. Notre hypothèse est que *la forme des déplacements de marchandises et ses caractéristiques opérationnelles (et donc l'occupation de la voirie en résultant) sont profondément affectées par l'organisation logistique du transporteur*. Il faut donc porter son regard au-delà de la simple manifestation physique du TMV et de son impact sur l'environnement urbain (le camion), pour comprendre cet impact.

Notre seconde hypothèse porte sur le lien entre les formes urbaines et le transport de marchandises, en particulier dans la ville dense. Nous explorerons ce lien de manière systématique, à la fois l'impact des formes urbaines sur les caractéristiques opérationnelles, et l'impact du TMV sur l'évolution des formes urbaines. Notre hypothèse de recherche à proprement parler est qu'il y a *un rapport étroit entre les formes urbaines et les caractéristiques opérationnelles du transport de marchandises en ville, et donc les modalités d'occupation de la voirie par les véhicules*.

Enfin, dans le cadre d'une analyse systémique de la congestion, notre troisième hypothèse repose sur *l'importance de déconstruire les impacts du TMV sur son environnement urbain et de les ramener à leurs composantes les plus élémentaires pour pouvoir les analyser et les comprendre*. Ainsi, lorsque nous nous intéresserons à la congestion et à son coût, nous nous intéresserons non seulement à l'impact d'un élément sur le système (l'impact d'un camion sur l'environnement urbain), mais aussi au nombre d'élément impactant ce système (le nombre de camions dans l'environnement donné) et aux caractéristiques de l'environnement dans ce système (le nombre d'utilisateurs impactés par ce(s) camion(s)). C'est ainsi que l'on peut mesurer les coûts de la congestion provoquée par le TMV.

Contexte du travail de thèse

Avant de décrire plus précisément l'organisation générale de ce travail de thèse, nous souhaitons décrire le contexte dans lequel il a été réalisé. Ce contexte a en effet pu impacter les orientations choisies. Ce contexte « institutionnel » est triple.

D'abord, le sujet de thèse, tel que proposé au départ, était axé sur l'exploitation de l'enquête Transport de Marchandises en Ville (ETMV). Cette enquête, administrée entre 2010 et 2012 dans la région Ile-de-France, a été réalisée à l'initiative du conseil régional francilien et de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), dans le cadre du programme national de recherche Marchandises en Ville. Ce programme de recherche est, depuis les années 1990 et les premières ETMV, piloté scientifiquement par les chercheurs du Laboratoire Aménagement, Economie, Transports (LAET), parmi lesquels on peut citer principalement Danièle Patier, Jean-Louis Routhier, et Florence Toilier, concepteurs de la méthode des ETMV, organisateurs de leur mise en œuvre et principaux auteurs des analyses de leurs résultats.

Cette exploitation¹⁰, en plus d'orienter le choix du terrain d'étude, a aussi provoqué la nécessité de s'imprégner des méthodologies de l'ETMV et des recherches passées de ce programme de recherche très fécond en résultats et en productions scientifiques et opérationnelles. La conduite de nos recherches a ainsi pu être encadrée et guidée par des chercheurs du LAET : Jesus Gonzalez-Feliu (avant son départ du LAET en 2014), puis Florence Toilier. Nos propres recherches se sont naturellement imprégnées du cadre théorique et méthodologique développé depuis les années 1990 par les chercheurs du programme Marchandises en Ville. Beaucoup des traitements réalisés dans cette thèse sont réalisés dans ce cadre, que nous présenterons en détail dans le chapitre 2.

Ensuite, une partie de ce travail de thèse a été réalisé en coopération avec le Département Mobilité et Transports (DMT) au sein de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France (IAURIF). Nous avons collaboré pendant deux ans (à raison d'un jour par semaine de travail dans les locaux de l'IAU), en particulier avec Robert Allio et Lydia Mykolenko, sur la question des marchandises en ville.

Nous avons aidé à l'exploitation statistique des résultats de l'ETMV. Nous avons dans le même temps profité des ressources en données de l'IAU, notamment le fichier d'établissements économiques Altarès, central à notre démarche de modélisation (voir chapitres 2 et 3 en particulier).

Cette collaboration a guidé certains aspects de cette thèse vers une démarche opérationnelle de diagnostic pour les collectivités locales. Le travail à l'IAU a donné lieu à la construction d'un

¹⁰ Notons que notre analyse des résultats de l'ETMV-IDF a été différée par la publication des résultats et de la base de données définitive, qui a eu lieu en Mars 2014, plus tardivement que la date prévue initialement, et sept mois après le début de ce travail de thèse.

outil de diagnostic de la mobilité des marchandises en IDF.¹¹ Certains résultats et certaines méthodes utilisées pour l'occasion servent notamment pour modéliser la génération et la caractérisation des mouvements de marchandises (que nous présentons dans les chapitres 3 et 6 notamment). Cette collaboration nous a aussi directement exposés aux attentes, aux connaissances et aux objectifs des services techniques des collectivités locales vis-à-vis du fret urbain.

Enfin, ce travail de thèse a été financé en intégralité par *Volvo Research and Educational Foundations* (VREF), un groupement suédois de fondations finançant des recherches sur les questions touchant au transport et à la mobilité, via le programme de recherche MetroFreight. MetroFreight, lancé en 2013 (www.metrotrans.org/metrofreight) fait partie d'une dizaine de « Centres d'Excellence » financés par VREF. Il s'agit d'un consortium international de recherche sur le fret urbain mené par USC (University of Southern California) avec California State University Long Beach, le KOTI (Korean Transport Institute), the University Transportation Research Center (UTRC, dont Columbia University et City College of New York) et l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies du Transport, de l'Aménagement et des Réseaux). Laetitia Dablang dirige l'équipe IFSTTAR de Metrofreight, qui associe également des partenaires institutionnels, l'IAURIF, l'Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR), la région Ile-de-France et la ville de Paris.

Cette participation à un projet de recherche et le financement accordé par VREF nous ont donné l'opportunité de participer à de nombreuses conférences internationales.¹² A chacune de ces conférences, nous avons présenté un article original. Tous les résultats obtenus pour ces articles se retrouvent à différents endroits de cette thèse. Nous avons de plus eu la chance d'assister à la présentation de résultats et de démarches à la pointe de la recherche et de l'action publique sur la question du TMV et de la logistique.

Organisation générale de la thèse

L'organisation de cette thèse est réfléchi de manière à articuler au sein des différentes parties les trois mécanismes que nous souhaitons analyser au fil de la thèse : le rapport entre TMV et formes urbaines, le rôle des organisations logistiques pour décrire les déplacements de

¹¹ Profilog : pour plus d'informations, voir : http://carto.iau-idf.fr/cartoviz/?id_appli=mouvements).

¹² La TRB (Transportation Research Board) Conference à Washington D.C. en janvier 2015, la City Logistics International Conference à Tenerife en juin 2015, la International Urban Freight (INUF) conference en octobre 2015, la World Conference on Transportation Research (WCTR) en juillet 2016, ainsi que la VREF Conference on Urban Freight en octobre 2016.

marchandises, et la décomposition des impacts de l'occupation de la voirie sur la formation de la congestion. Chaque partie a également sa propre « identité » en termes d'objectifs, de démarche et de méthodologies adoptées.

L'objectif de notre première partie est de jeter les bases théoriques et méthodologiques de l'analyse du transport de marchandises en milieu urbain. Nous proposons aussi une première approche du lien entre formes urbaines et transport de marchandises, à une échelle régionale, en appliquant à l'Ile-de-France la démarche et les méthodologies décrites.

Au sein de cette première partie, le chapitre 1 développe cette introduction générale à travers une revue de littérature des liens entre formes urbaines et transport de marchandises, notamment pour la région Ile-de-France, notre cas d'étude. Notre chapitre 2 développe le cadre général de notre démarche méthodologique, qui repose largement sur l'ETMV et les développements du programme Marchandises en Ville. Nous présentons la démarche de collecte de données et de modélisation de la demande de marchandises dans les agglomérations, en la mettant en perspectives avec des expériences étrangères (par une revue de la littérature) ainsi qu'avec notre propre regard critique. Dans le chapitre 3, nous mettons en application ces démarches pour l'Ile-de-France et proposons une analyse cartographique régionale de la demande de marchandises, faisant ressortir les liens entre formes urbaines et génération des mouvements de marchandises.

Notre deuxième partie est plus théorique et exploratoire. Notre objectif est d'analyser les ressorts et les déterminants de l'occupation de la voirie par les véhicules de marchandises dans deux situations : la circulation et le stationnement. L'unité de cette partie repose aussi sur la méthodologie, basée sur des raisonnements qualitatifs illustrés par des statistiques descriptives permettant de proposer des résultats quantitatifs.

Au sein de la deuxième partie, le chapitre 4 explore l'organisation du TMV et la forme de ses déplacements en agglomération. Nous faisons le lien, en particulier, entre l'organisation logistique de l'opérateur de transport, et la forme de son parcours.¹³ Au cours du chapitre 5, nous examinons les déterminants des choix de stationnement des chauffeurs-livreurs, à la croisée des formes urbaines et des organisations logistiques.

Enfin, la partie 3 permet d'étudier l'impact de l'occupation de la voirie par les véhicules de marchandises sur la congestion des infrastructures dans la région Ile-de-France. Là encore, en plus du thème, l'unité de la partie est notamment assurée par les méthodologies appliquées, qui

¹³ L'analyse est issue d'un article, Beziat, et al. (2015b), co-écrit avec P. Launay et F. Toilier et présenté à la International Urban Freight Conference (INUF) à Long Beach (Etats-Unis) en octobre 2015.

reposent sur des démarches de modélisation plus sophistiquées que dans les chapitres précédents et notamment sur des méthodes économétriques.

Au sein de la partie 3, nous évaluons d'abord, au cours du chapitre 6, la politique d'aires de livraisons de la mairie de Paris, ces espaces dédiés aux opérations de chargement et de déchargement des véhicules de marchandises, qui peuvent être sur ou sous-utilisés selon les quartiers de la ville et les heures de la journée.¹⁴ Dans le chapitre 7, nous évaluons l'impact du stationnement en double-file des véhicules sur la formation de la congestion à l'échelle de rues parisiennes.¹⁵ Enfin, dans le chapitre 8, nous proposons une mesure macroscopique de la congestion provoquée par les véhicules (passagers et marchandises) à l'échelle de la région Ile-de-France.¹⁶

Nous proposons finalement, dans une dernière section de conclusion générale, de discuter nos résultats et de récapituler les différents apports théoriques, empiriques et méthodologiques de ce travail de recherche, ainsi que nos perspectives de recherches.

En clôture de cette introduction générale, nous souhaitons mettre en avant un dernier élément. Cette thèse n'est pas une thèse d'ingénierie du transport. Elle n'est pas non plus une thèse d'économie, ni d'économétrie. Cela dit, nous mobiliserons dans plusieurs chapitres et parties de ce manuscrit des cadres théoriques et des méthodologies empruntées à ces disciplines et techniques de recherche.

Nous souhaitons souligner le fait que nos emprunts, dans chacun de ces domaines, sont relativement modestes et s'assument comme tels. De plus, la mobilisation de ces différents cadres théoriques et méthodologiques servira constamment un propos qui se réclame d'une double entrée par la géographie et l'urbanisme.

Nos incursions dans ces domaines se limiteront à des régressions linéaires multiples en économétrie, à la mobilisation des paramètres de coûts estimés par les guides officiels servant à l'évaluation socioéconomique des infrastructures en économie des transports, et nous ne dépasserons pas de beaucoup la complexité du diagramme fondamental de la congestion pour l'analyse du trafic.

¹⁴ Les résultats proviennent d'une version retravaillée d'un article (Beziat, 2015), présenté sous forme de poster à la Conférence du *Transportation Research Board* à Washington en Janvier 2015

¹⁵ La démarche présentée est une version retravaillée d'un article de périodique (Beziat & Koning, 2017), publié sous un format court (une page) dans la revue *TEC*.

¹⁶ L'analyse est issue d'une recherche présentée à la conférence INUF (International Conference on Urban Freight) à Long Beach en Californie en Octobre 2015 (Beziat, et al., 2015). Elle est également actuellement soumise pour publication dans le journal *Transport Policy* (Beziat, et al., 2016).

Des spécialistes de ces questions (économètres, économistes, ingénieurs du trafic) pourraient probablement mobiliser des approches plus sophistiquées et nous reconnaissons volontiers que certains résultats (par exemple la section 7.2.3) mériteraient d'être approfondis par des recherches ultérieures. Nous produisons malgré cela des résultats qui nous semblent solides, reposant sur des méthodes élémentaires et éprouvées liées à chacun de ces cadres.

Partie 1 – FORMES URBAINES ET MOUVEMENTS DE MARCHANDISES DANS LA REGION ILE-DE-FRANCE

Introduction de la Partie 1

Ce travail de thèse s'articule autour de deux objets d'études. Le premier est le concept de formes urbaines. Le second concerne le transport de marchandises, son organisation et les caractéristiques opérationnelles correspondantes. Cette partie 1 est l'occasion pour nous de développer ces deux notions. Nous analysons en effet les formes urbaines dans leurs différentes dimensions (fonctionnelles et physiques). Pour le transport de marchandises, nous souhaitons l'analyser non pas seulement comme une opération de transport, mais aussi dans sa dimension logistique, et plus largement dans la dimension des systèmes productifs et distributifs « clients » des systèmes de transport.

La démarche de cette partie 1 est théorique et descriptive. Nous y développons notre cadre théorique, qui permet d'explicitier la démarche et les hypothèses de travail exposées en introduction générale. Nous développons en détail l'outil empirique au centre de notre thèse (l'enquête Transport de Marchandises en Ville (TMV) et la démarche Freturb), dont l'application permet un diagnostic des mouvements de marchandises à l'échelle de l'Ile-de-France.

Dans le chapitre 1, nous proposons une revue de la littérature scientifique ayant abordé les liaisons entre formes urbaines et transports, au sens large, et bien sûr plus précisément de la question du lien entre formes urbaines et transport de marchandises, qui est moins développée. Toujours à partir de la littérature, nous décrivons aussi notre cas d'étude, l'Ile-de-France, et ses spécificités vis-à-vis de ce lien « formes urbaines – transport ».

Dans le chapitre 2, nous exposons les principaux outils, qui, tout au long de cette thèse, nous serviront à décrire ce lien entre formes urbaines et TMV. Depuis les années 1990, la littérature sur le TMV reflète le développement considérable des outils d'enquêtes permettant de donner des indicateurs quantitatifs. Plus que de simples indicateurs quantitatifs, il existe une littérature fournie décrivant les méthodes de modélisation qui permettent de comprendre la formation de flux de marchandises dans les agglomérations. Nous allons décrire ses outils en général, en mettant l'accent sur ceux que nous prenons en compte en premier chef dans cette thèse : l'enquête TMV, produite en France dans le cadre du programme TMV lancé dans les années

1990 par le ministère de transports et l'ADEME. Et le logiciel de modélisation Freturb, issu de ce programme de recherche, dont la méthodologie (comme celle de l'enquête TMV) a été développée par les chercheurs du Laboratoire Aménagement, Economie et Transports, et dont nos propres travaux s'inspirent largement.

Dans le chapitre 3, nous développons notre propre modèle, inspiré de la démarche TMV-Freturb, afin de générer et de caractériser les mouvements de marchandises en Ile-de-France. Nous analysons ensuite les résultats de ce modèle, à la fois pour décrire le lien entre la structure économique francilienne et la génération des mouvements, mais aussi pour étudier la localisation des mouvements. Ce faisant, nous mettons en exergue les nombreuses problématiques liées à l'hyperdensité de l'activité en Ile-de-France, et ses interactions avec le TMV.

Chapitre I – Interactions entre transport de marchandises en ville et formes urbaines : définitions et enjeux théoriques

Introduction

La question des formes urbaines est l'une des interrogations centrales des disciplines qui s'intéressent à la ville (architecture, aménagement, sociologie, géographie, économie...). Elle se pose particulièrement dans son interaction avec ses différents éléments, dont le transport est une composante majeure. L'histoire de cette notion et son usage dans des cadres disciplinaires variés sont décrits dans deux articles du Dictionnaire de l'Urbanisme et de l'Aménagement de Pierre Merlin et Françoise Choay (2010), « Formes Urbaines » et « Morphologie ». Malgré – ou peut-être en raison de – l'abondance de la littérature sur cette notion, il est difficile d'en tirer une définition rigoureuse et constante (Raynaud, 1999; Merlin & Choay, 2010).

Dans le cadre de ce chapitre, nous proposons de définir cette notion, dont il sera beaucoup question tout au long de cette thèse. Nous envisageons particulièrement les formes urbaines dans leurs relations avec le transport et la mobilité, et en particulier avec le transport de marchandises. La question des liens formes urbaines – transport est en effet très approfondie dans les analyses concernant le transport de passagers. Au contraire, la littérature est moins fournie en ce qui concerne les questions de transport de marchandises et de logistique.

Dans une première section, nous décrivons ce concept de formes urbaines, d'un côté, et le fonctionnement des systèmes de transport de marchandises dans leur contexte opérationnel. La mobilité des marchandises est le résultat d'interactions entre divers acteurs que nous présentons ici. Elle dépend également d'une production logistique qui s'inscrit elle-même dans des processus productifs et distributifs plus larges.

Dans une seconde section, nous proposons une analyse des liens entre formes urbaines et transport tels qu'ils sont décrits dans la littérature. Nous choisissons pour cela une approche croisant les passagers et les marchandises, pour mieux mettre en valeur les particularités du TMV (transport de marchandises en ville). Dans la troisième et dernière section, nous décrivons notre terrain d'étude, l'Ile-de-France, et ses particularités (historiques et actuelles) touchant à cette relation formes urbaines – transport.

1.1 Formes urbaines et systèmes de transport de marchandises : définitions

1.1.1 Formes urbaines : polysémie et multiplicité des cadres théoriques

Nous choisissons de caractériser le concept de « formes urbaines » par deux catégories de définitions. La première concerne les formes urbaines physiques, prenant en compte différents éléments, comme les rues, le parcellaire et le bâti. La seconde concerne les formes urbaines socioéconomiques, concernant la répartition des activités humaines dans l'espace.

Cette distinction est relativement courante. Rodrigue et al. (2017) parlent par exemple de *formal land use* et de *functional land use*. On retrouve aussi dans la littérature des distinctions des formes urbaines basées sur des considérations méthodologiques. Dans un article de recensement des indicateurs de formes urbaines de plusieurs villes européennes, Schwarz (2010) différencie les indicateurs physiques liés aux « paysages » urbains (*landscape metrics*) des indicateurs socioéconomiques (*socio-economic indicators*).

L'approche physique de la ville recouvre plusieurs acceptations (Lévy, 2005). La ville s'étudie par ses tracés qui forment le réseau de voiries, la forme géométrique de son plan. La situation du plan de ville à un instant t correspond à plusieurs processus : elle est à la fois réponse à des contraintes spatiales naturelles, rémanence de structures sociales et politiques plus ou moins anciennes, et conséquences d'une action d'aménagement en cours (Viala, 2005; Hillier, 1996). Le dessin de la voirie en résultant va déterminer son maillage général (les grandes artères d'une ville), et son maillage de détail (Allain, 2004), souvent plus complexe, qui s'observe à l'échelle du « morceau » de ville, dans les vides laissés par les mailles du réseau général.

On peut aborder la question des formes urbaines physiques par l'étude du tissu urbain qui concerne le parcellaire et le bâti (Pinon, 1988). L'espace formé par les mailles du réseau de voirie est communément appelé îlot, qui est lui-même constitué de parcelles. Les parcelles sont elles-mêmes occupées sur une plus ou moins grande portion de leur surface par des ouvrages bâtis, qui peuvent aussi être caractérisés par leur hauteur, leur façade, leur accessibilité par rapport à la rue, ou leur contenu. Ensemble, ils forment le « *paysage* » urbain (Allain, 2004).

Cet espace physique est à la fois le résultat de l'histoire, permettant l'analyse de processus sociaux gouvernant les activités humaines et leur localisation (donc une variable dépendante de

ces processus sociaux). Mais c'est aussi un ensemble d'objets physiques conditionnant la configuration des mouvements de ces activités (donc une variable indépendante de ces processus). « *In other words, buildings can both receive information from society through spatial configuration, and also transmit effects back to society through configuration* » (Hillier, 1996).

L'approche des formes urbaines peut aussi passer par l'étude de ses formes fonctionnelles et sociales, c'est-à-dire l'occupation de l'espace urbain par ses habitants et ses activités : leur nombre, leur répartition au sein de groupes variés, ainsi que leur localisation et leurs déplacements (Halbwachs, 1938; Ledrut, 1968; Roncayolo, 2002). Cette analyse sociale est par ailleurs indissociable d'une approche fonctionnelle prenant en compte la répartition des activités économiques (Park & Burgess, 1921; Conzen, 1960) dans les villes. L'étude des formes urbaines concerne donc aussi l'étude des usages de l'espace et de leur plus ou moins grande spécialisation.

Méthodologiquement, les indicateurs de bâti permettent d'observer la continuité du tissu urbain, sa régularité, sa porosité ou encore sa densité sur un espace donné (Schwarz, 2010; Huang, et al., 2007). Les indicateurs socioéconomiques permettent de rendre compte de la répartition des activités humaines sur un territoire donné. Les *patterns* représentés permettent de visualiser la localisation des activités humaines à l'échelle de l'agglomération : leur densité, leur centralité, leur compacité, ou leur complexité (Tsai, 2005).

Cette approche complexifie notre analyse mais permet d'examiner l'objet « ville » à partir de ces composantes élémentaires. Chaque dimension en encapsule une autre : le plan de ville et les voiries, les îlots dans les mailles du réseau, les parcelles qui composent ces îlots, les bâtiments construits sur ces parcelles, et les activités humaines occupant l'ensemble.

Comprendre cette première distinction permet d'explorer et de comprendre les deux facettes d'un système de transport : la demande et l'offre. C'est bien la localisation des agents économiques dans l'espace les uns par rapport aux autres, et l'absence ou l'insuffisance locale de certaines ressources, qui engendrent les déplacements de personnes et de biens (Bavoux, et al., 2010). D'un autre côté, les formes urbaines dans leur dimension physique et bâtie permettent d'expliquer et d'analyser en partie la disponibilité et le dimensionnement des infrastructures de transport et de stationnement, et donc certaines caractéristiques de l'offre.

1.1.2 Les systèmes de transport de marchandises, à appréhender au sein des processus logistiques, productifs et distributifs

Le transport de marchandises est un élément nécessaire de l'organisation de la production et de la consommation, ainsi que de leur répartition respective dans l'espace (Savy, 2011). D'un point de vue purement opérationnel, le transport de marchandises se caractérise par sa finalité et par les moyens mis en œuvre pour l'accomplir : le déplacement d'un objet dans l'espace par un opérateur, à l'aide ou non d'un véhicule et d'outils de manutention. Cela dit, d'un point de vue fonctionnel, le transport de marchandises est indissociable d'un processus logistique, qu'on peut caractériser comme « *une chaîne d'activités reliées par des flux informationnels ou matériels et aboutissant à un output final bien défini* » (Lorino, 1995).

On peut définir pragmatiquement la finalité de ce processus logistique : « *mettre à disposition un produit donné au bon moment, au bon endroit, au moindre coût et à la meilleure qualité* » (ASLOG, 2016). A partir de cette définition, on appréhende aisément la place que trouvent les opérations de transport au sein de la chaîne logistique, puisqu'elles permettent de modifier les coordonnées spatio-temporelles d'un objet et ainsi de le rendre disponible pour son consommateur potentiel (Savy, 2011).

Inscrire ces opérations de transport dans un processus logistique plus large permet aussi de rappeler que les opérations de transport contribuent aux processus de production et de distribution au même titre que des opérations de stockage, de manutention, d'emballage, de conditionnement et de *post-manufacturing*. Ces activités, situées hors de la sphère du transport *stricto sensu*, influent tout de même nécessairement sur son organisation. Les conditions et les caractéristiques des opérations de transport dépendent des caractéristiques de la chaîne logistique dans laquelle elles s'inscrivent. La prestation de transport n'est donc pas réalisée « en silo » : elle est conditionnée par des besoins qui dépassent la simple optimisation d'un déplacement d'un point à un autre.

Par ailleurs, la demande de services logistiques (dont le transport fait partie) est toujours une demande dérivée, c'est-à-dire la conséquence de la demande d'autres produits ou services. Ce processus logistique s'inscrit donc lui-même dans des processus productifs (Fassio, 2006; Blanquart & Carbone, 2008) et distributifs (Paché, 1998) plus larges, et s'organise en fonction des besoins des différents acteurs qui constituent la chaîne (Fabbe-Costes, 2007). Ces besoins influent sur la chaîne logistique et sur les caractéristiques du transport.

Etudier les besoins des chargeurs (les entreprises propriétaires des marchandises transportées qui constituent ces systèmes productifs et distributifs) et de leurs clients est donc nécessaire à la compréhension des systèmes de transport. Bien que relativement anciennes, les enquêtes françaises Chargeurs (1988) et ECHO (2004) ont permis de mettre en lumière les évolutions dans les déterminants de la demande à l'échelle nationale.

Ces évolutions sont principalement de trois ordres (Guilbault, 1994; Guilbault & Soppé, 2009). D'abord, les chargeurs eux-mêmes ont évolué entre la fin des années 1980 et la décennie 2000. Le nombre de très grands établissements (plus de 500 salariés) a diminué, tandis que les petits établissements (10 à 19 salariés) se sont multipliés. L'évolution est ensuite géographique : la distance moyenne des envois a augmenté de 7% entre 1988 et 2004, ce qui peut s'expliquer par une dispersion des facteurs de production et de distribution dans l'espace. L'évolution concerne enfin les stratégies des entreprises : fonctionnement en flux de plus en plus tendus (on passe en moyenne de 32 à 19 jours de stockage pour un envoi tout au long de la chaîne) et passage d'une production poussée à une production tirée, c'est-à-dire sur commande (66% des envois et 70% du tonnage). Cette évolution dans les stratégies d'entreprise se matérialise par une forte diminution du poids médian des envois (160 kg en 1988 contre 35 kg en 2004) et des envois de plus en plus nombreux et fréquents.

Les caractéristiques des services de transport recherchés par les chargeurs reflètent ces évolutions. Des études sur les préférences déclarées des chargeurs mettent en avant des facteurs plutôt évidents comme le coût bas du transport, la rapidité du trajet, la ponctualité et la sécurité des marchandises (Danielis, et al., 2005). La rapidité fait évidemment référence à l'opération de transport entre deux points (l'intégralité de la séquence : chargement, transport, déchargement), mais aussi plus globalement au temps de transport décompté à partir du moment où le chargeur souhaite que sa marchandise soit prise en charge par un transporteur. La ponctualité ne correspond pas seulement pour le chargeur à un délai de livraison, mais aussi le respect d'une plage horaire de livraison. La sécurité concerne l'état des marchandises et l'absence d'avaries.

Ces différentes dimensions se rapportent à des relations de substitution. Une plus grande recherche de rapidité, une chaîne de transport plus « tendue », augmentent par exemple les risques d'incidents susceptibles de mettre en cause la ponctualité du transport (Bernadet, 1985). Ces différents facteurs expliquant la qualité de service vont pousser les chargeurs à sélectionner certains services de transport, ou à réaliser eux-mêmes le transport de leur marchandise. Ce

mode de production du transport, dit en compte propre, représente encore aujourd'hui environ 20% des tonnes-km réalisées en poids lourds sur le territoire français (CGDD, 2015a).

Les systèmes de transport sont généralement analysés en prenant en compte deux composantes : la demande (la consommation) et l'offre (la production). Des besoins en transport des chargeurs naissent des contraintes d'ordre physique, d'une part, et organisationnel, d'autre part (Beyer, 1999). Des contraintes d'ordre physique (taille, poids et nature des envois) vont naître des spécifications de conditionnement, de manutention, de choix de véhicule. Les contraintes d'ordre organisationnel (délais à respecter, contacts commerciaux) expliquent quant à elles le recours à des savoir-faire spécifiques.

Ces contraintes amènent une spécialisation et une mise en place de réseaux adaptés aux services requis (Dobie, 2005). Ces processus industriels, mis en place pour répondre à la demande, peuvent être produits par les chargeurs eux-mêmes (en compte propre), ou par des transporteurs professionnels pour le compte des chargeurs (en compte d'autrui).

En mettant en place ces processus, les transporteurs doivent bien sûr équilibrer les différents coûts de leurs activités : charges fixes (structures, véhicules, taxes, assurances), coûts kilométriques (carburant et amortissement du véhicule) et coûts de personnel (salaires). Les caractéristiques des opérations de transport sont définies par la rencontre des besoins des chargeurs, et des possibilités des transporteurs (que le transporteur soit aussi chargeur, ou qu'ils soient deux acteurs distincts). Notons par ailleurs que le transport de marchandises est un marché « acheteur ». Les clients (les chargeurs) sont en position favorable et font souvent jouer, à leur avantage, la concurrence entre les transporteurs professionnels pour obtenir des prestations adaptées à leurs besoins, à bas prix (Savy, 2011).¹⁷

Bien sûr, les systèmes de transport ne sauraient être considérés uniquement sous l'angle de sa production par les entreprises. La Figure 1.1.1 ci-dessous (Notteboom & Rodrigue, 2007) présente de manière schématique les différentes couches qui composent ces systèmes : le site (et ses caractéristiques physiques bâties et naturelles, d'où la nécessité de comprendre les formes urbaines, qui sont l'un des éléments du système), les infrastructures (linéaires et nodales), les opérations de transport (les moyens physiques mis en œuvre et les modes d'organisation des opérateurs), auxquels s'ajoute une couche logistique relationnelle entre les

¹⁷ Cette configuration peut contribuer à renforcer les externalités négatives du transport de marchandises : voir section 1.2.1 et Figure 1.2.3.

chargeurs et leurs clients. Ces couches sont plus ou moins fixes, de la couche situationnelle qu'on peut considérer comme quasiment inaltérable, à celle des relations entre chargeurs et clients qui peuvent changer en quelques jours voire quelques heures. Chaque couche valorise et en même temps exerce une demande sur la couche inférieure.

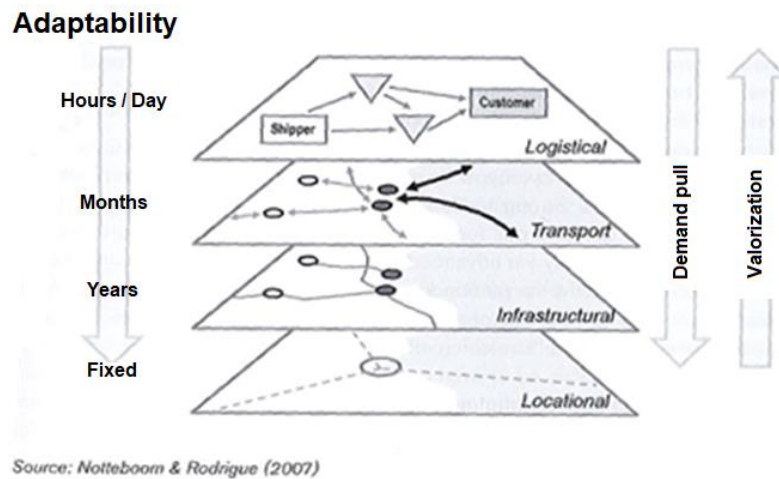


Figure 1.1.1 – Représentation schématique des systèmes de transport (Notteboom & Rodrigue, 2007)

Cette représentation, bien que schématique, permet d'intégrer les différentes dimensions des systèmes de transport. Les trois dimensions qui nous intéressent en premier chef dans le cadre de ce travail de thèse concernent le site bâti, les infrastructures et les opérations de transport et les relations qu'elles entretiennent. Le transport de marchandises en milieu urbain n'échappe pas à ce cadre analytique. Il est, par contre, caractérisé par la grande particularité de sa demande et de son offre en transport, conditionnée par les particularités spatiales de ces territoires.

1.2 Formes urbaines et systèmes de transport : revue des littératures pour les marchandises (et les passagers)

Si la plupart des modèles développés concernent le déplacement des personnes, le premier modèle du genre et l'un des plus connus traite en fait de transport de marchandises (von Thünen, 1851) : il explique l'usage du sol par différentes cultures en cercles concentriques autour du marché central qu'est la ville (von Thünen, 1851). Les activités aux coûts de transports élevés (légumes, lait) se localisent le plus près possible du marché. Au contraire, les

activités peu productives (cultures céréalières, bétail) et / ou aux coûts de transport faibles (bétail) se localisent en périphérie.

Le modèle concentrique de Burgess (1926) a été l'un des premiers à permettre d'observer et analyser la localisation de différents groupes sociaux à l'échelle urbaine (en l'occurrence pour la ville de Chicago). L'un des critères majeurs des choix de localisation des habitants de la ville concerne le système de transport et les potentiels de mobilité des différents groupes sociaux.

Les modèles de ce type ont constitué les prémisses théoriques de l'analyse des liens entre systèmes de transport et formes urbaines. Ils mettent en lumière les relations entre plusieurs composants. D'un côté, les potentialités d'interaction que créent les systèmes de transport. De l'autre, les choix de localisation des agents économiques. Les deux composantes sont inextricablement liées dans un système dynamique qui s'autoalimente (Rodrigue, et al., 2017), qu'on peut résumer par la Figure 1.2.1 ci-dessous.

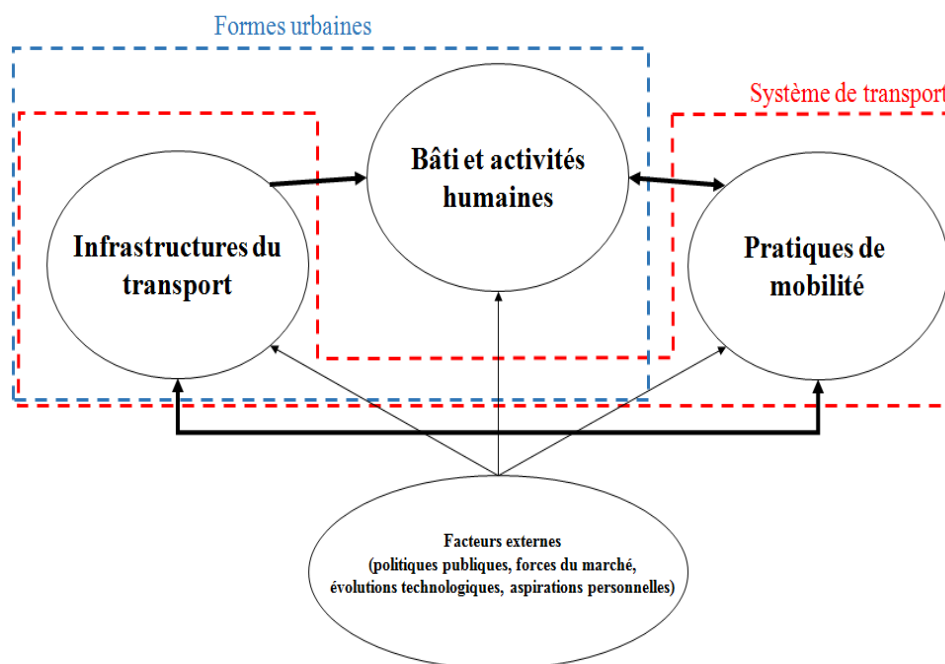


Figure 1.2.1 – Schéma récapitulatif des liens formes urbaines – transport (Source : auteur)

Dans cette section, nous proposons un état de l'art sur les connaissances concernant les liens entre formes urbaines et transport, en différenciant les approches concernant les passagers (très répandues) et les approches concernant les marchandises (relativement peu communes). Pourquoi évoquer le transport de passagers dans une thèse sur le transport de marchandises ? Nous y voyons plusieurs intérêts : d'abord, la majorité de la littérature de ce champ de recherche concerne les passagers.

De plus, certaines recherches sur le transport de passagers peuvent nous aider à mieux comprendre nos propres recherches sur les marchandises. L'étude des systèmes de transport routier de passager et marchandises ne nous semble de plus pas totalement dissociable, ne serait-ce que parce que les deux types de flux partagent les mêmes infrastructures, et il est difficile de comprendre l'impact de l'un sans garder à l'esprit l'impact de l'autre sur les formes urbaines.

1.2.1 Des systèmes de transport aux formes urbaines

Le lien entre les formes urbaines et les infrastructures de transport dans la littérature s'envisage souvent dans un référentiel dynamique. La comparaison historique est rendue possible par un constat simple : celui de la stabilité des temps de transport moyen (entre trente et quarante-cinq minutes selon les pays) entre le domicile et les aménités principales des villes, particulièrement le lieu de travail (Manning, 1979; Gallez, et al., 1997). On parle de la conjoncture de Zahavi : les déplacements de la vie quotidienne se font à « budget-temps de transport » équivalent, et leur portée spatiale est fonction de la vitesse de déplacement.

L'évolution des systèmes de transport, qui permet une augmentation de la vitesse et une baisse des coûts généralisés de transport (intégrant à la fois le coût kilométrique, et le temps du parcours) a donc pour conséquence une augmentation de la portée des déplacements et donc l'étalement urbain et la périurbanisation des populations et des emplois. Plusieurs types de formes urbaines (Figure 1.2.2) ont été caractérisés en fonction du mode de transport principal du contexte dans lequel elles se sont développées (Newman & Kenworthy, 1996).

Le premier type est la ville piétonne : une grande partie des déplacements piétons potentiels doivent pouvoir être faits dans le laps de temps défini ci-dessus, ce qui contraint fortement l'espace urbain. Les formes urbaines des villes piétonnes sont caractérisées par leur forte densité, une mixité au moins fonctionnelle sinon sociale, et une voirie étroite « organique » qui épousent les caractéristiques du site naturel originel.

Avec l'amélioration des technologies du transport et donc de la vitesse, et les temps de trajet restant constants, la forme urbaine se distend et s'étale. On peut parler d'une ville du transit dès la fin du 19^{ème} siècle avec la formation de noyaux urbains en dehors de l'agglomération, autour des infrastructures nodales de transport (principalement les stations de train). Cette ville est de

densité moyenne, avec un usage encore mixte (chaque noyau urbain étant une petite ville piétonne à sa propre échelle), très centralisée, avec une organisation en *grid* de la voirie.

Enfin, la ville de l'automobile se développe après la seconde guerre mondiale, de manière spectaculaire et caractéristique aux USA et en Australie, mais aussi en Europe. Elle accompagne le développement de l'accès à la voiture individuelle et des réseaux de bus qui remplacent les réseaux ferroviaires légers (notamment les tramways) dans de nombreuses villes. Cette ville est caractérisée par sa densité plus faible, une séparation spatiale des fonctions (notamment résidentielles) de la ville, une organisation polycentrique et une formation en *grid* de la voirie à laquelle s'ajoute le mitage périurbain caractérisé par sa régularité fluctuante et ses culs-de-sac.

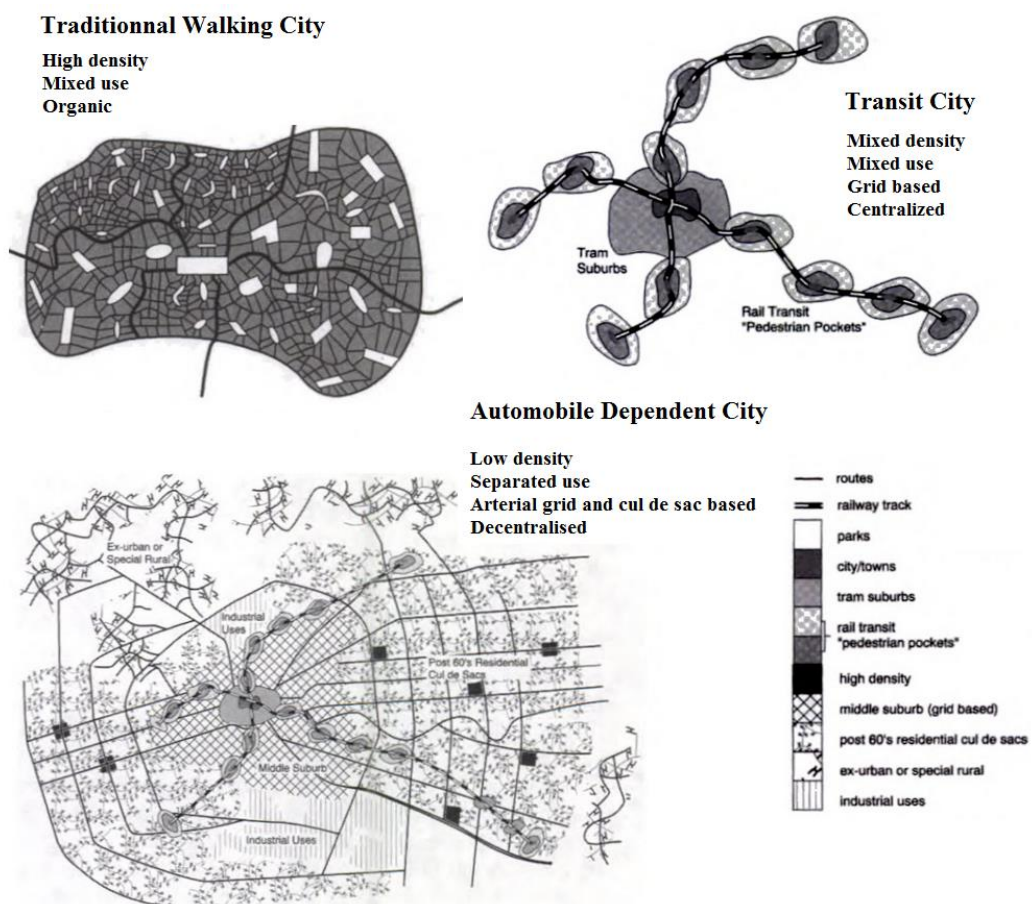


Figure 1.2.2 – Ville piétonne, ville du transit, ville de l'automobile : illustrations (Newman & Kenworthy, 1999)

Evidemment, il faut prendre en compte le pendant de ces coûts du transport : les coûts de localisation. Ces coûts de localisation, dans les villes européennes, sont plus élevés en centre-ville étant donnée la demande résultant de la forte densité, ainsi que la concentration des

aménités (culture, loisirs, équipements collectifs...). Dans la théorie économique (Alonso, 1964; Muth, 1969; Mills, 1967) et le modèle Alonso-Muth-Mills, la baisse de la rente foncière, lorsqu'on s'éloigne du centre de l'agglomération et que les distances de transport augmentent, doit être inversement proportionnelle à la hausse des coûts de transport.

Cela induit un arbitrage réalisé par les individus pour équilibrer leurs coûts de transport et leurs coûts de localisation. Bien sûr, dans la réalité, ces stratégies de localisation sont plus complexes et repose aussi sur d'autres considérations : garanties du confort du transport et de l'habitation, conservation des attaches affectives, culturelles et relationnelles, stratégie patrimoniale, importance accordée aux aménités culturelles ou aux équipements collectifs, par exemple (Wenglenski, 2006).

D'après certains chercheurs (Giuliano & Small, 1993 et Giuliano, 1995, à Los Angeles), les coûts de transport seraient de moins en moins un facteur dans les choix de localisation des ménages, en raison de leur baisse continue. Cette remarque, probablement pertinente dans un espace urbain polycentrique et organisé autour de la voiture comme Los Angeles (permettant de maintenir des coûts de transport très bas) est à nuancer, notamment dans une ville monocentrique comme Paris (où les aménités principales sont concentrées dans ce centre unique) où les coûts généralisés du transport sont très élevés (Koning, 2011).

Si ce point est soumis à débat, l'observation empirique sur le temps long montre en tout cas une relation entre développement des infrastructures routières et étalement des agglomérations (Hansen, et al., 1998; Wiel, 1999). Les gains pour les ménages, en termes de coûts généralisés de transport, dus à l'émergence de la voiture ont donc été réinvestis dans des gains d'espace (logements plus grands, situés loin du centre, menant à la structuration des espaces périurbains).

La question se pose de manière similaire pour les stratégies des firmes, qui génèrent les flux inter-établissements de marchandises que nous étudions dans cette thèse. Le phénomène de métropolisation a été intensément débattu par la littérature de la géographie économique discutant les stratégies de localisation des entreprises (Veltz, 1996; Beckouche, 1990; Lacour & Puissant, 1999).

De nombreux auteurs insistent sur plusieurs points qui ont trait aux formes urbaines. Le premier mécanisme concerne les phénomènes de concentration de la population et des activités au sein de « mégapoles » (Gottmann, 1961). Les théories traditionnelles de la géographie économique expliquent cette concentration par les économies d'échelles, c'est-à-dire la baisse du coût unitaire d'un produit avec l'augmentation du volume de la production.

Ces économies d'échelle pourraient bien être réalisées dans un site isolé, mais il faut leur ajouter les économies d'agglomération qui permettent aux territoires urbains de profiter d'avantages comparatifs. Les villes offrant les débouchés les plus importants (présence de fournisseurs et de clients) les entreprises ont intérêt à s'y localiser, alimentant un effet boule de neige, malgré les coûts de main d'œuvre et fonciers souvent plus importants.

Les externalités urbaines peuvent être résumées ainsi (Duranton & Puga, 2001) : *learning* – la concentration des individus facilite le transfert des connaissances au sein d'un secteur et entre les secteurs ; *matching* – la concentration spatiale permet de trouver l'allocation de talent la plus efficace entre les firmes et les individus ; *sharing* – la concentration spatiale permet de mutualiser certains biens indivisibles, notamment les grandes infrastructures et les services publics.

Cet « *avantage métropolitain* » (Halbert, 2010) explique la concentration des activités dans les grandes métropoles mondiales. Reste que l'étude des déterminants de la localisation des firmes est aussi nécessaire pour expliquer la répartition des activités au sein des métropoles (Aydalot, 1985; Polèse & Shearmur, 2009). Polèse et Shearmur (2009) propose par exemple des développements du modèle de Von Thunen (Figure 1.2.3) pour expliquer la localisation des activités dans l'espace urbain en fonction du rendement par hectare d'un produit et les coûts de transport, qui dépendent notamment de la distance au centre.

Pour le dire simplement, la rentabilité à l'hectare d'une activité dépend de sa capacité à exploiter le terrain et donc des conditions technologiques de sa production. « *La production de conseil (un bureau de conseillers en management, à titre d'illustration) n'exige pas beaucoup d'espace. Quelques mètres carrés suffisent pour loger les employés, classer les documents et placer les ordinateurs. A l'autre extrême, l'éleveur de bœufs a besoin de plusieurs kilomètres carrés pour produire des revenus équivalents* » (Polèse & Shearmur, 2009).

Les firmes doivent prendre en compte à la fois les coûts de transport des marchandises (pour leur approvisionnement ou leurs envois) mais aussi les coûts de transport de passagers (main d'œuvre, consommateurs, communication des firmes par relations interpersonnelles). Plus l'activité est sensible aux coûts d'interaction avec les entreprises ou les populations du centre, plus sa courbe de rente descend rapidement à mesure qu'elle s'en éloigne. « *Le commerçant qui a des contacts quotidiens avec des clients au centre ne voudra pas trop s'en éloigner ; à plus d'un kilomètre du centre, il risque de les perdre. Par contre, le fabricant d'appareils de radio, dont les contacts avec le centre-ville se limitent à une visite ou deux par mois à son banquier, sera tout à fait disposé à s'installer hors du centre* » (Polèse & Shearmur, 2009).

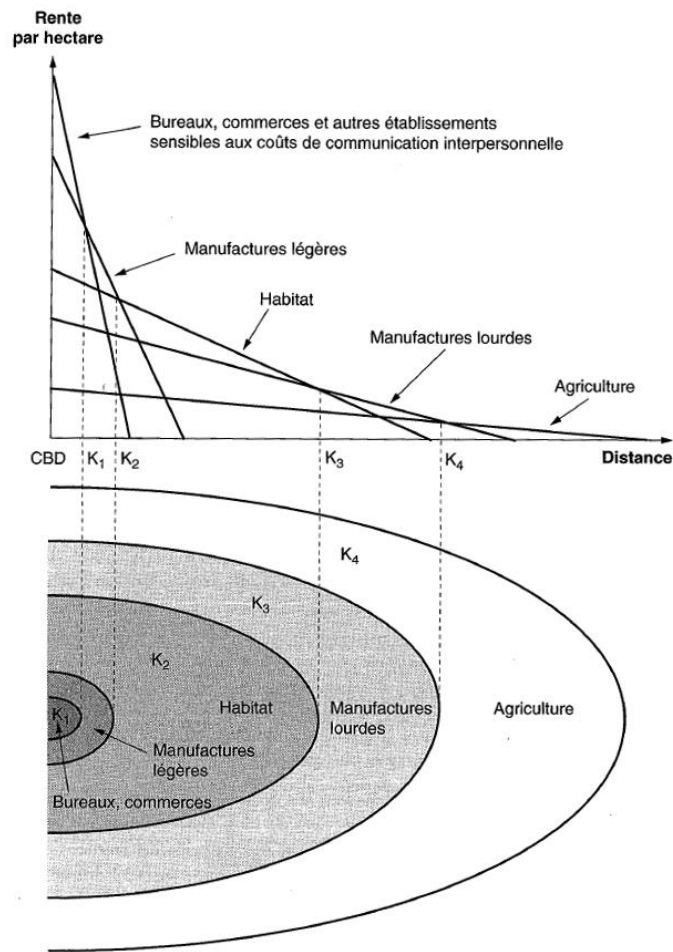


Figure 1.2.3 – Facteurs de localisation des activités économiques (Polèse & Shearmur, 2009)

Dès lors, comment considérer l'impact des coûts de transport de marchandises sur la localisation des firmes ? Epineuse question, étant donné les problèmes méthodologiques liés à la mesure de l'accessibilité des entreprises à leurs différentes aménités et ressources. Il est en effet très difficile de mesurer l'accessibilité des firmes à leurs fournisseurs (transport de marchandises), leurs clients (transport de marchandises et / ou de passagers), ou leur main-d'œuvre (transport de passagers).

Les coûts de transport de marchandises sont en tout cas en baisse continue depuis les années 1980 (de 38%), d'après une étude réalisée en France entre 1978 et 1998 (Combes & Lafourcade, 2005). Malgré l'absence de chiffres plus récents aussi complets sur les coûts, on peut citer les résultats proposés par la Commission des Comptes des Transports de la Nation (2014). Ce rapport observe qu'en dépit des difficultés financières et des pertes du secteur de la messagerie (secteur du transport de marchandises très concentré dans les espaces urbains), ses prix sont en baisse continue depuis 2008 (1,2% par an), contrairement par exemple aux prix de la manutention et de l'entreposage qui sont en hausse.

Cette baisse historique des coûts de transport s'explique d'abord par les évolutions technologiques liées aux véhicules (qui impactent les coûts kilométriques). Les évolutions organisationnelles, avec l'émergence de nouvelles offres de transport de marchandises plus efficaces et adaptées à la demande, influent aussi fortement sur ces coûts. Nous explorerons le rapport entre ces organisations logistiques et les formes de mobilité des marchandises en ville dans le chapitre 4 de cette thèse.

Cette baisse s'explique aussi par des évolutions des normes et lois concernant le transport de marchandises. Les règles de la concurrence ont été profondément modifiées dans le secteur du transport routier de marchandises (Biencourt, 1996). Deux mesures sont à citer en particulier : l'abrogation du contingentement des licences en 1986, qui limitaient l'accès à la profession pour les transporteurs (sur des critères de zones géographiques, de relations origines-destinations spécifiques, de distance de transport ou de types de biens) ; et l'abrogation de la tarification routière obligatoire, un système de tarification normalisé à la tonne transportée en place jusqu'en 1989 (Figure 1.2.4).

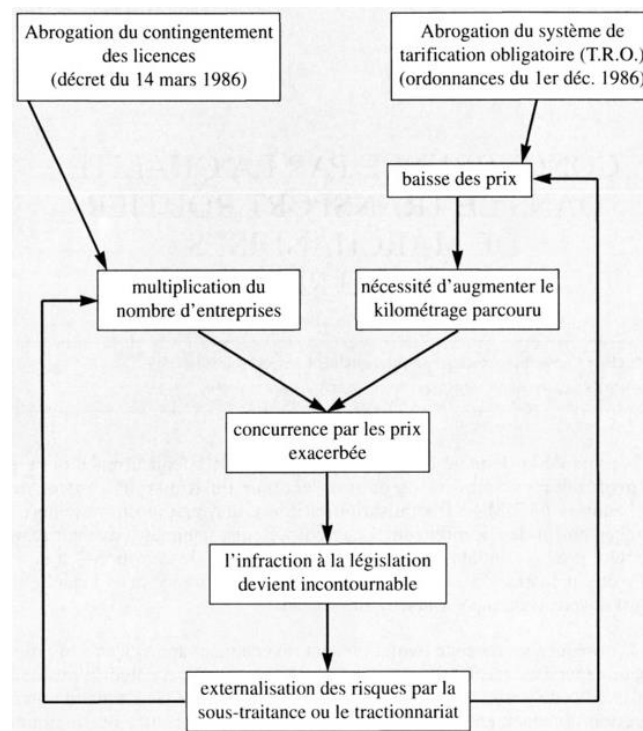


Figure 1.2.4 – La dynamique de concurrence dans le transport routier de marchandises en France (Biencourt, 1996)

Les effets de cette libéralisation sont encore davantage ressentir dans le secteur du transport urbain : les conventions collectives prévoient des salaires environ 10% inférieurs pour les conducteurs de véhicules légers par rapport aux chauffeurs grands routiers de l'interurbain (Dablanc, 1997). Le recours à la sous-traitance dans les secteurs urbains du TMV, notamment

la messagerie, est encore plus courant que pour le reste du TRM : le rapport entre les coûts de la sous-traitance et les salaires était environ trois fois plus élevé pour la messagerie que pour le transport interurbain (Harnay, et al., 2014).

Les conducteurs non-salariés, ainsi d'ailleurs que les conducteurs en compte propre, échappent à la plupart des réglementations sur le transport routier, notamment celles concernant le temps de travail (Dablanc, 1997). Les rapports de dépendance qui se mettent en place entre les donneurs d'ordre et les conducteurs peuvent aussi expliquer la dégradation des conditions du service dont la principale manifestation est le non-respect du code de la route et du code du travail, condition de survie pour de nombreuses PME du transport de marchandises.

Etant donné ces prix très bas, on pourrait faire l'hypothèse que les coûts de localisation et ceux du transport des passagers (main-d'œuvre et clients) sont prédominants par rapport aux coûts du transport de marchandises (fournisseurs et clients), et que c'est aux transporteurs de marchandises de s'adapter et de rester compétitif. Il est difficile d'apporter une réponse conclusive à ce sujet : les méta-analyses de la littérature montrent la relation positive entre présence d'infrastructures de transport et choix de localisation des activités, sans pour autant isoler l'impact spécifique des besoins d'accessibilité pour le transport de marchandises. De plus, l'importance de cette relation varie de manière conséquente en fonction du type d'activité considéré (Arauzo-Carod, et al., 2009; Geurs & van Wee, 2004).

Une manière d'examiner cette hypothèse est d'analyser l'évolution des stratégies de localisation des plateformes et entrepôts logistiques. Ce secteur économique est en effet très dépendant des coûts de transport, qui sont au cœur de ses activités. La littérature sur la localisation des activités logistiques, et notamment son desserrement, est très fournie.

Pour l'Ile-de-France, Dablanc et Adrianakaja (2011), ont montré que la distance au centre de l'agglomération des agences de messagerie a augmenté plus vite, depuis les années 1970, que celle des ménages et des emplois. Le desserrement des activités de transport va donc « plus vite » que celui du reste des activités métropolitaines. Raimbault (2014) a montré que les grands centres de distribution logistiques s'installent dans des zones d'activités standardisées dans le périurbain. Heitz et Dablanc (2015) confirment la tendance de ce desserrement entre 2000 et 2012.

Cette tendance au desserrement a pu être observée dans de nombreuses villes dans le monde : Atlanta (Dablanc & Ross, 2012), Los Angeles (Dablanc, et al., 2014), Chicago (Goodchild & Dubie, 2016), Toronto (Woudsma, et al., 2016), Belo Horizonte (Oliveira, et al., 2016), Bogota (Suescun & Daravina, 2016), Tokyo (Sakai, et al., 2015), Göteborg (Heitz, et al., 2016b), ou encore Bruxelles (Strale, et al., 2016). Cette tendance n'est cependant pas universelle : on ne

l'observe par exemple pas à Seattle (Dablanc, et al., 2014), à Amsterdam ou à Rotterdam (Heitz, et al., 2016a), des villes caractérisées par un encadrement fort des dynamiques foncières. Ce desserrement logistique semble plaider en faveur du fait que les coûts faibles du transport de marchandises jouent relativement peu sur les choix de localisation des firmes, contrairement aux coûts de localisation.

1.2.2 Des formes urbaines aux pratiques de déplacements

La validation empirique des relations entre formes urbaines et pratiques de mobilité se fait souvent par une approche agrégée. Elle consiste à comparer les caractéristiques macroscopiques d'un espace urbain défini (l'une des indicateurs les plus souvent usités est la densité) et un indicateur des pratiques de mobilité (Cervero & Gorham, 1995; Friedman, et al., 1992; Pouyanne, 2004; Noel, 2003; Deymier, et al., 2013; Vanco, 2011).

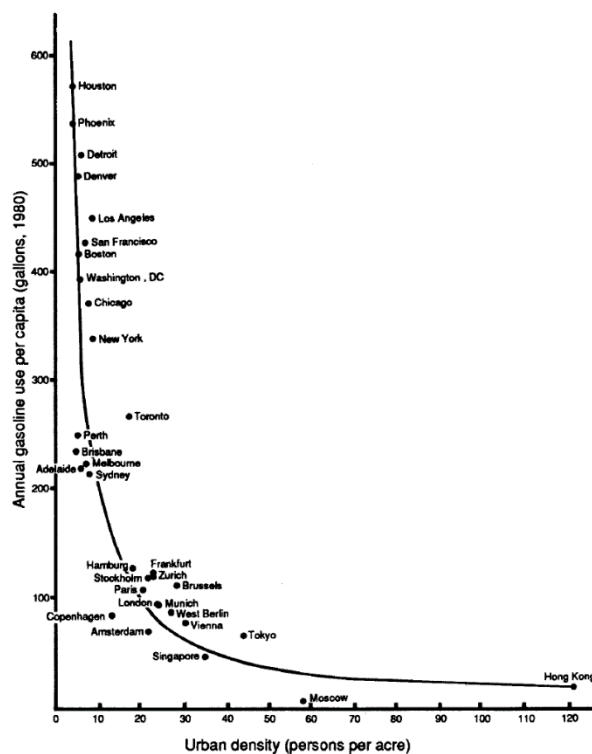


Figure 1.2.5 – Consommation de carburant selon la densité urbaine (Newman & Kenworthy, 1989a)

Plusieurs auteurs ont mis en avant la relation entre la densité et l'usage de la voiture (Newman & Kenworthy, 1996) ou la part modale des transports en commun (Newman & Kenworthy, 1989b; Le Néchet, 2011). Plus la densité est faible, plus l'usage de la voiture est courant (Figure 1.2.5).

Au contraire, la densité du bâti et la localisation des ménages et des activités dans les zones denses pourrait, dans certaines conditions, permettre le développement de formes de mobilités alternatives à la voiture. Cette idée a été explorée en particulier dans le cadre des théories du « Nouvel Urbanisme », courant répandu aux Etats-Unis et en Europe à partir des années 1980. Le CNU (*Congress for the New Urbanism*) a proposé plusieurs stratégies d'aménagement urbain permettant d'encourager le recours à la marche et aux transports en commun, tout en réduisant la dépendance à l'automobile.

Ce Nouvel Urbanisme se traduit par l'aménagement d'une voirie interconnectée et adaptée aux formes de mobilité alternatives à la voiture, et d'espaces d'activités quotidiennes proches les uns des autres (Duany & Plater-Zyberk, 1991; Calthorpe, 1993). Ces formes urbaines provoqueraient de nouvelles pratiques de mobilité via trois mécanismes : la proximité des aménités urbaines permettant les trajets à pieds, la dégradation de la qualité de service des infrastructures routières (par la réduction de l'espace de voirie réservé aux véhicules, et l'abandon d'un *grid* strict (Crawford, 2005)), et la proximité de transports collectifs permettant le report modal.¹⁸

La plupart des études empiriques sur l'impact des formes urbaines sur les choix de mobilité semblent s'accorder sur plusieurs résultats (Reid & Cervero, 2001). D'abord, la fréquence des déplacements est fonction de caractéristiques socioéconomiques des personnes. En revanche, la distance parcourue dépend beaucoup plus de l'environnement urbain, tandis que le choix modal d'une part, et le nombre de véhicules-kilomètres parcourus (fonction de la fréquence, du mode et de la distance) d'autre part, dépendent des deux variables (même si probablement davantage de caractéristiques socioéconomiques). Donc si la fréquence (ou, pour le dire autrement, la génération) des déplacements est essentiellement fonction de facteurs

¹⁸ Notons tout de même que si le lien entre ces différentes dimensions paraît clair, le débat de la causalité est par contre ouvert : la plupart de ces études analysent les pratiques de mobilité pour différentes personnes à différentes localisations à un point dans le temps (Handy, 2002). La multiplicité des déterminants rend très complexe les tentatives d'agir sur les pratiques de mobilités via la forme urbaine : « *puisque les habitants des espaces denses consomment peu de carburant, densifions les villes pour diminuer la consommation d'énergie. Comme les déterminants de la mobilité sont bien plus nombreux que la seule densité, rien n'indique que cette assertion soit pertinente* » (Desjardins, 2011, cité par Reigner et al., 2013). Le lien entre formes denses et consommation d'énergie pourrait constituer un phénomène d'auto-sélection : les individus dont la volonté est d'avoir recours à des modes de transport alternatifs choisissent de se localiser dans des formes urbaines qui leur permettent d'assouvir leurs besoins de mobilité, et vice-versa (Kitamura, et al., 1997; Handy & Clifton, 1996).

socioéconomiques, les caractéristiques des déplacements sont à la fois dues à des variables socioéconomiques et des variables de l'environnement urbain.

Si les liens théoriques entre formes urbaines et mobilité des personnes font l'objet d'une littérature ample, il n'en est pas de même pour le transport de biens. Le rapport entre ville et transport de marchandises est pourtant très étroit. Les agglomérations urbaines contiennent la majorité de la population et des entreprises de production et de distribution consommatrices de transport. D'après les chiffres de l'enquête ECHO (2004), 75% des envois ont pour origine ou destination une agglomération (Guilbault & Soppé, 2009).

Les grandes aires urbaines sont aussi de plus en plus des lieux de « transition » des marchandises, concentrant la majorité des établissements de transport et de logistique (Guerrero & Proulhac, 2016). Les villes sont donc à la fois des centres de consommation et de production du transport. Le lien formes urbaines – mobilité des marchandises se joue donc à ces deux niveaux : celui de la consommation, et celui des modes de production du transport.

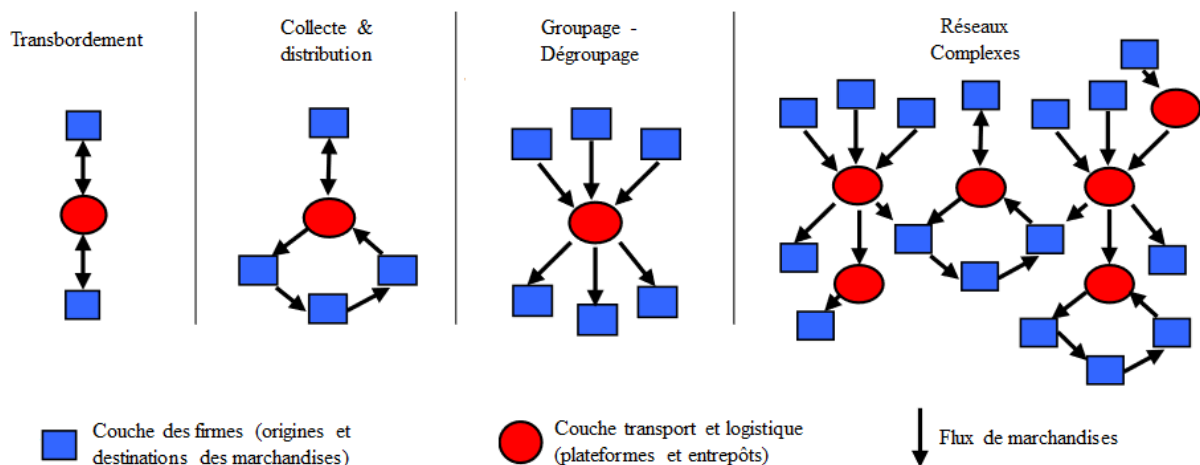


Figure 1.2.6 – Deux niveaux déterminants de la mobilité des marchandises en milieu urbain : les firmes consommatrices, et les entreprises productrices de transport et logistique (d'après Raimbault, et al., 2013)

La Figure 1.2.6 ci-dessus montre l'importance de la localisation des deux couches déterminants la mobilité des marchandises en milieu : celle des firmes consommatrices du transport pour leur approvisionnement et leurs envois, et celles des plateformes et entrepôts par lesquels transitent les flux de marchandises pour des opérations diverses : stockage, transbordement (le transfert d'un véhicule à un autre), opérations et de groupage et dégroupage (que nous définirons plus en détail dans le chapitre 4).

En 2004 d'après l'Enquête ECHO, 85% des marchandises à destination et 62% des marchandises à l'origine de la région Ile-de-France transitaient par une plateforme ou un entrepôt avant l'opération de livraison (Dablanc & Routhier, 2009). Aux USA, Outwater et al., 2005 ont également montré que la majorité des vkms parcourus en milieu dense sont émis par des lieux de transit tels que les plateformes de distribution. Le desserrement logistique aurait donc un effet sur le nombre de vkms parcouru dans les agglomérations, puisque ces activités s'éloignent plus vite du centre-ville que les ménages ou les autres activités économiques, allongeant la « marche d'approche » pour la distribution des marchandises en centre-ville.

Si cette hausse du nombre de vkms parcourus a été montrée par Dablanc et Adriankaja (2011) en Ile-de-France, deux forces viennent modérer les effets de cet étalement logistique. D'abord, les efforts d'optimisation réalisés par les opérateurs de transport, via la consolidation des marchandises et le fonctionnement en tournées de la distribution des marchandises (Gardrat, et al., 2016a; Sakai, et al., 2017). Et l'étalement du reste des activités économiques (Gilli, 2004), qui sont donc plus proches des activités logistiques « desserrées » que si elles étaient restées concentrées en centre-ville.

Certes, ces dernières ne s'étalent pas aussi vite, notamment depuis le milieu des années 2000 (Diziain, 2006, cité par Dablanc, 2012), pendant que les activités logistiques continuent de s'étaler (Heitz & Dablanc, 2015). L'étalement de la couche des firmes a aussi l'effet de disperser les zones de consommation du transport, et donc d'augmenter le nombre de vkms nécessaires pour desservir les établissements périphériques, problématique notamment évoquée par Routhier & Gonzalez-Feliu (2013).

La plupart des chercheurs reconnaissent, au contraire, le lien entre la densité urbaine et une forme d'inefficacité de la mobilité des marchandises. La Figure 1.2.7 ci-dessous décrit la relation théorique entre formes urbaines et coûts de transport comme un continuum, depuis les espaces périphériques peu denses aux espaces centraux denses.

La densité des centres-villes amène un *trade-off* entre, d'une part, une plus grande efficacité des livraisons permise par les distances plus courtes entre les points de livraisons potentiels, permettant une meilleure consolidation et un meilleur taux de remplissage des véhicules ; et d'autre part, une efficacité des opérations de transport minimisée par les obstacles rencontrés par le chauffeur-livreur en milieu urbain.

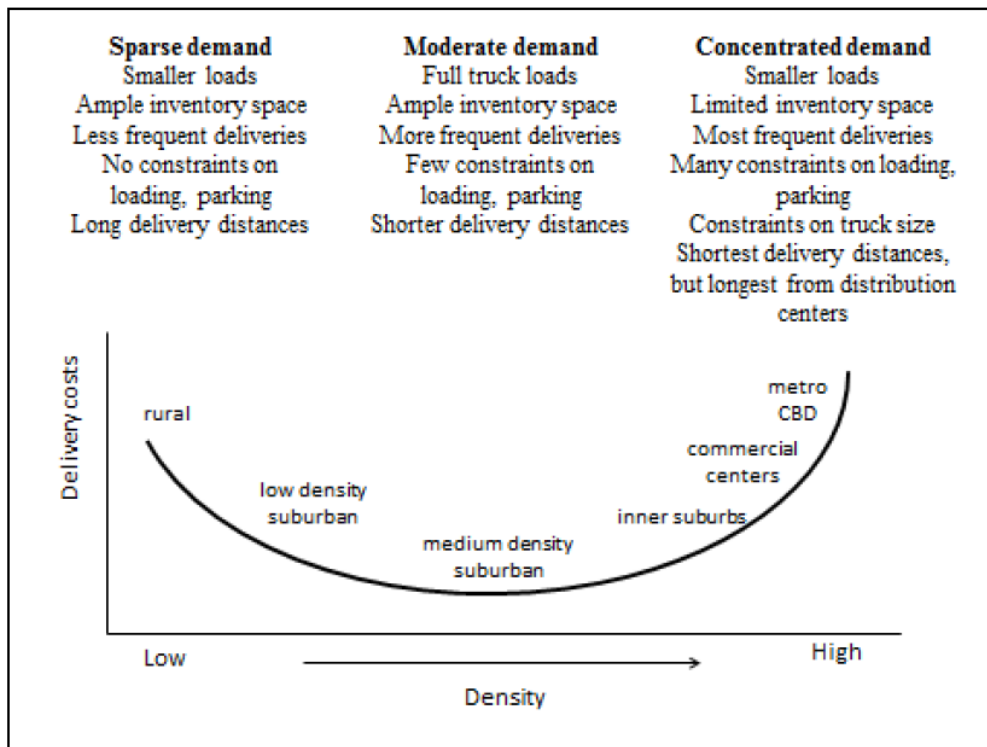


Figure 1.2.7 – Relation théorique entre la densité et le coût du TMV (Giuliano, et al., 2015)

Ces obstacles sont de plusieurs natures : l'étroitesse du réseau viaire (OCDE, 2003), les réglementations locales souvent strictes notamment sur la taille des véhicules (Dablanc, 2007), la concurrence des autres utilisateurs des réseaux (Beziat & Koning, 2015), et le manque de place de stationnement pour les véhicules (Jaller, et al., 2013). Par ailleurs, le prix élevé du foncier en centre-ville (résultant de la densité) a comme effet la limitation des capacités de stockage des établissements urbains, renforçant le besoin en livraisons très fréquentes de faible tonnage (Giuliano, et al., 2013).

Le lien entre formes urbaines et TMV sera notamment abordé dans cette thèse par la mobilisation d'un champ de recherche sur les déterminants de la génération des « mouvements » de marchandises en ville, que les anglo-saxons (Holguín-Veras, et al., 2016) appellent *urban freight demand modeling*. L'approche TMV-Freturb développée par les chercheurs du Laboratoire Aménagement, Economie, Transports, et exposée plus loin dans cette thèse, s'inscrit dans cette mouvance. Des recensements de nombreux modèles de génération ont été réalisés (Gonzalez-Feliu & Routhier, 2012; Taniguchi, et al., 2012), montrant la diversité des méthodologies existantes. Aujourd'hui, un consensus semble se former autour de la modélisation de la demande à partir des activités économiques d'une aire urbaine.

Dans ces modèles, les caractéristiques spatiales du territoire (comme la densité par exemple) n'ont pas d'influence sur la génération des mouvements. L'espace agit en quelque sorte comme

un « *proxy* » des activités économiques (Holguin-Veras, et al., 2012). C'est-à-dire que le nombre de mouvements m générés par un établissement économique e est fonction d'un ratio φ . Ce ratio dépend essentiellement des attributs de l'établissement qui peuvent être, selon les modèles : son activité, sa taille, son nombre d'employés ou encore les caractéristiques physiques de son local. Dit autrement, deux établissements économiques partageant les mêmes caractéristiques génèrent, en moyenne, la même quantité de mouvements, qu'ils soient localisés en centre-ville ou en périphérie d'une agglomération.

Au cours de ce travail de thèse, nous discuterons de l'interaction entre formes urbaines et génération des mouvements sous deux angles. Tout d'abord, même si nous admettons que l'espace n'affecte pas la valeur de φ , il n'en reste pas moins que la distribution spatiale des établissements très divers qui génèrent les mouvements varie selon les formes urbaines. Des travaux récents (Macario, 2013; TURBLOG, 2011; Alho & Silva, 2015; Ducret, et al., 2016; Beziat & Toilier, 2016; Ducret & Gonzalez-Feliu, 2016) visent d'ailleurs à catégoriser différents espaces des agglomérations en mélangeant leurs caractéristiques économiques (et donc de génération des mouvements) et leurs caractéristiques spatiales, permettant de définir des « profils logistiques » (Macario, et al., 2007), ou un « *freight landscape* » (Giuliano, et al., 2015).

Même en admettant qu'à l'échelle de l'établissement individuel, les formes urbaines n'ont pas d'impact sur la formation des flux, la localisation des activités économiques, due à des phénomènes éminemment spatiaux, et leur agrégation dans différentes parties des agglomérations, méritent d'être étudiées. Le chapitre 3 de cette thèse permet de faire le lien entre la localisation des établissements économiques de l'Ile-de-France, et la génération des mouvements.

Notre deuxième démarche concerne les caractéristiques opérationnelles de ces mouvements de marchandises. Encore une fois, si nous admettons que le nombre de mouvements n'est pas déterminé par les caractéristiques des formes urbaines, elles peuvent jouer un rôle sur les caractéristiques opérationnelles : type de véhicules utilisé, horaire des mouvements, comportement de stationnement des chauffeurs-livreurs (type et durée du stationnement), formes des tournées des véhicules... On peut faire des parallèles entre cette distinction génération / caractéristiques et certains résultats de recherches réalisées sur le transport de passagers cités plus haut. Ce lien entre formes urbaines et caractéristiques des opérations de transport de marchandises est exploré dans les chapitres 3, 4 et 5 de cette thèse.

Cette idée n'est pas totalement nouvelle dans la recherche sur le transport de marchandises en ville : la démarche de modélisation Freturb, par exemple, prend en compte des variables spatiales comme la densité et la distance au centre de l'agglomération pour modéliser certaines de ces caractéristiques opérationnelles (Routhier & Toilier, 2007). Des recherches ont aussi montré que les caractéristiques physiques de la rue de l'établissement avaient un impact sur la probabilité d'occurrence de stationnement illégal (Beziat & Toilier, 2016). L'un des objectifs de ce travail de thèse est d'approfondir ces résultats. Ces différences de caractéristiques opérationnelles signifient aussi des différences en termes d'impacts, et notamment d'externalités négatives, pour les environnements urbains.

1.3 Lien formes urbaines – transport : le cas de la région parisienne

1.3.1 La région parisienne : formes urbaines typiques d'une ville européenne

Bien sûr, chaque ville est un cas particulier dont les formes urbaines sont le résultat de l'histoire. Il n'est donc pas évident de décrire un modèle unique de la ville européenne. Certains faits saillants (voir Figure 1.3.1) peuvent toutefois être dégagés, par opposition à d'autres modèles (Allain, 2004).

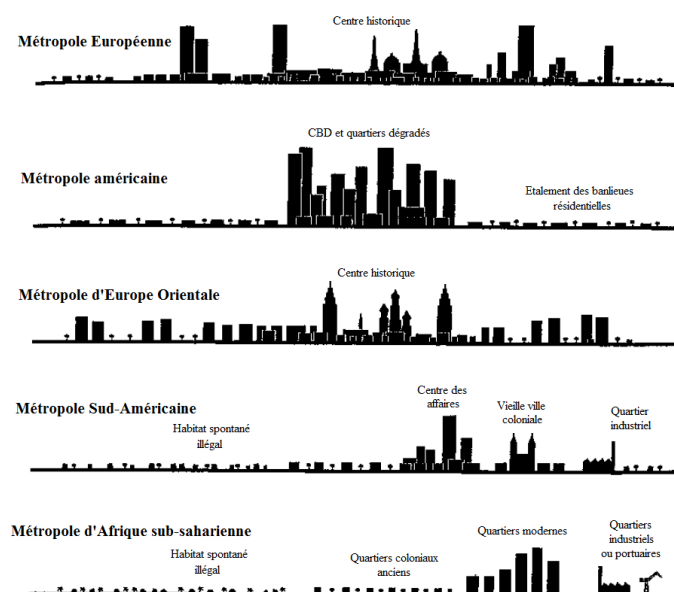


Figure 1.3.1 – Représentation de différents modèles urbains à travers le monde (Allain, 2004)

La densité et la compacité du bâti sont élevées, la centralité est généralement associée à la monumentalité religieuse, économique et politique, et est souvent limitée aux centres historiques. L'organisation du bâti est pensée comme une façade, formant des « rues-corridors » délimitant les îlots. Ce « modèle » de la ville européenne s'applique généralement à ses quartiers historiques, les espaces urbanisés plus récemment étant souvent caractérisés par des formes urbaines observées partout dans le monde.

Aux différentes formes urbaines de la région parisienne correspondent différentes phases d'expansion et d'urbanisation de la ville que l'on peut retracer pour illustrer notre propos, en s'inspirant d'une revue de littérature réalisée par Albert Lévy dans un article de 2005. S'il reste très peu de traces physiques de l'urbanisation romaine antique de Lutèce, on retrouve les traces du maillage orthonormé sur la rive gauche dans le quartier latin. L'urbanisation médiévale se déplace plus au nord, avec un développement sur l'Ile de la Cité et sur la rive droite, conservant les grands axes structurants nord/sud et est/ouest antiques (Bergeron, 1989; Le Goff, 1980).

Le passage de la ville médiévale à la ville classique ou préindustrielle se fait de manière continue et progressive. La croissance concentrique de la macro-forme urbaine intervient au sein de systèmes successifs de remparts. La ville classique se distingue de la ville médiévale par l'amorce des transformations qui la caractérisent. Les premières places royales, les premiers boulevards, édifices collectifs, lotissements réguliers, monuments religieux et institutionnels permettent des régularisations locales et ponctuelles du tissu urbain (Rouleau, 1965; Boudon, et al., 1977).

Le passage de la ville classique à la ville industrielle est bien plus brutal. Au-delà des mutations socioéconomiques, ce passage correspond pour la région parisienne à la période du Second Empire et s'incarne dans la personne du préfet Haussmann, maître d'œuvre de l'une des transformations les plus importantes de l'époque en Europe.

Le changement est, d'une part, administratif : annexion de tout l'espace entre le Mur des Fermiers Généraux et la Ceinture de Thiers correspondant à peu près aux arrondissements périphériques contemporains, multipliant la superficie de Paris par plus de deux et sa population par plus d'1,5.

Il est ensuite profondément morphologique (Loyer, 1987). Les transformations concernent le tissu urbain, avec des parcelles plus grands et réguliers et l'implantation de nouveaux

équipements urbains (gares, parcs, places) ; les tracés, via des percées de voiries plus longues et régulières ; l'architecture de la ville, créant des façades uniformes.

Le changement est enfin profondément social et fonctionnel : l'embourgeoisement du centre-ville et le renforcement de la division est/ouest ; l'implantation de bâtiments administratifs (notamment les mairies) ; la généralisation de division verticale des immeubles haussmanniens avec l'aménagement de locaux dans les rez-de-chaussée qui caractérisent encore aujourd'hui les formes de l'activité commerciale parisienne (Pinon & Des Cars, 1991). Ce processus d'Haussmannisation de la capitale et de sa banlieue proche (les fortifications séparant Paris et sa banlieue sont détruites en 1920) se poursuit après la fin du Second Empire et jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale.

Après la guerre, la ville industrielle continue de croître pour accompagner la croissance démographique, par la densification du centre et par l'expansion de sa périphérie le long des infrastructures de transport routières et ferroviaires. Les villages situés hors de l'agglomération sont petit à petit assimilés par l'urbanisation parisienne.

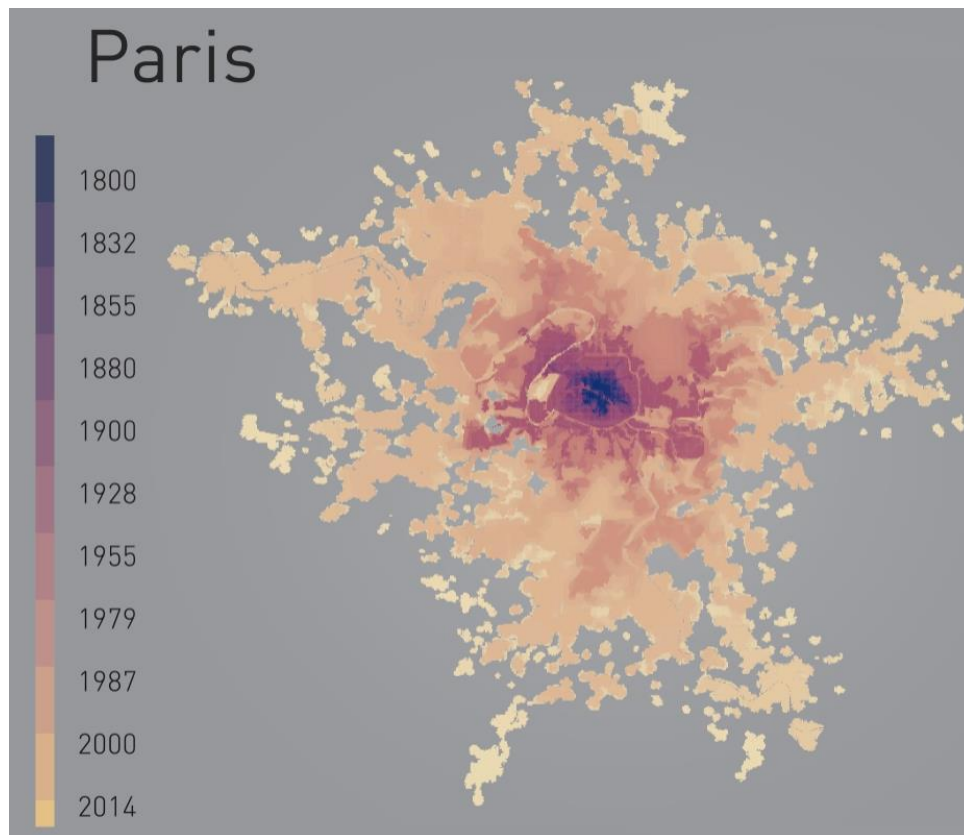


Figure 1.3.2 – Histoire récente de l'urbanisation de la région parisienne (Lincoln Institute of Land Policy, 2012)

Cette « périurbanisation s'incarnent dans deux types de formes urbaines : les tours et barres d'immeubles des « grands ensembles », et le développement de lotissements pavillonnaires individuels. Albert Lévy (2005) parle de dilatation et d'éclatement pour décrire l'évolution moderne des formes urbaines : éclatement de la macroforme, des îlots et de l'espace public, et de l'interface entre la voirie et les îlots. Au niveau fonctionnel, la ville périurbaine est divisée en respectant les principes du *zoning* (Weber, 1982). Les zones d'activités (qu'elles soient industrielles ou commerciales) sont séparées physiquement du reste de la ville et se localisent dans les interstices des zones d'habitations périurbaines.

On peut terminer cet historique des formes urbaines de la région parisienne par la ville post-industrielle. Mise en avant dans les documents de planification de la région Ile-de-France, la ville postindustrielle a eu pour objectif d'être une ville « dense » (Région Ile-de-France, 2008), puis une ville « compacte » (Région Ile-de-France, 2013) introduisant les notions de mixité fonctionnelle et d'intensité de l'urbanisation.

Cette ville dense et compacte est le lieu de concentration des pouvoirs politiques (activités administratives et institutions), de fonctions de commandement privées (sièges sociaux de grandes entreprises), et de fonctions d'innovation (éducation, recherche publique et privée). Les centres-villes sont le lieu privilégié de la concentration de commerces et de services qui accompagnent la présence de cette concentration d'êtres humains (Beaujeu-Garnier, 1980; Veltz, 1996).

Plus que simplement commerciale, la ville est aussi « branchée » (Van Criekingen & Fleury, 2006). Cela se traduit par les mutations paysagères et commerciales qui accompagnent souvent les processus de gentrification : boutiques de mode, commerces de bouches spécialisés, cafés, bars et restaurants... Autant d'activités commerciales qui sont « attendues » par et qui attirent les « *classes créatives* » (Florida, 2002), la « *nouvelle classe moyenne urbaine* » (Van Criekingen & Fleury, 2006).

Les centres-villes, particulièrement dans les villes européennes historiques, sont aussi touristiques. Il s'agit donc de villes dont les formes urbaines sont figées par des processus de patrimonialisation. La ville doit, pour cette raison, répondre à une exigence de « *mise en scène* » de l'espace public pour être concurrentielle et attirer des flux touristiques à l'échelle nationale et / ou internationale (Vlès, 2011; Pearce, 1998). Cette ville « *mise en scène* » devient un espace de loisirs, où les habitants et visiteurs doivent pouvoir se promener et profiter autant des aménités urbaines (parcs, bords de fleuve, rues piétonnes) et d'évènements plus ou moins éphémères ou réguliers que de l'activité commerciale (Monnet, 2012).

Ces « états » de la ville ne sont d'ailleurs pas toujours le résultat d'évolutions uniquement spontanées. Ils sont guidés, dans une large mesure, par les objectifs des documents de planification locaux et régionaux qui accompagnent les évolutions urbaines de la région Ile-de-France depuis longtemps (Région Ile-de-France, 2013; Région Ile-de-France, 2008).

Cette description, quoique schématique, des formes d'urbanisation de la région parisienne correspond aux trois phases d'extension décrites par Newman et Kenworthy (1999) : la ville piétonne, la ville du transit, et la ville automobile. Avec les concepts de villes « verte », « dense » et « compacte », on tend à nouveau vers une ville piétonne et cyclable, au moins dans son centre. Cette évolution illustre aussi la description d'Allain de la ville européenne (2004) : une agglomération dense et ancienne au centre, et des parties urbanisées plus récemment correspondant à un urbanisme périurbain moins « spécifique » aux villes européennes.

Cette ville dense est défendue au nom de quatre arguments principaux (Reigner, et al., 2013) : l'aménagement et l'entretien de la voirie et des réseaux coûtent plus cher dans une ville étalée que dans une ville dense ; l'étalement urbain est réalisé aux dépens d'espaces agricoles et naturels ; le choix résidentiel des zones pavillonnaires est interprété comme un choix idéologique lié à une forme de matérialisme, d'individualisme, de désir d'entre-soi ; et la consommation d'énergie liée aux transports et aux choix de mobilité des habitants est plus importante en milieu peu dense.

Ces arguments ne sont pas dénués de fondement, mais ils ignorent souvent les effets négatifs de la densité, notamment l'aspect spatialement et socialement sélectif des centres-villes denses des agglomérations dus aux coûts de localisation élevés pour leurs habitants, et aux coûts de transports élevés pour les habitants des territoires environnants (Scherrer, 2013). Ils ignorent aussi souvent les pertes de bien-être collectif liées à la congestion dans les transports routiers, mais aussi les transports en commun (Koning, 2011).

1.3.2 Activités économiques et demande de transport de la région francilienne

L'étude de la localisation des activités économiques au sein d'une région comme l'Ile-de-France nous amène à évoquer le concept de métropole. Que Paris corresponde précisément aux critères de la « Ville globale » ou non (Sassen, 1991), elle fait assurément partie des métropoles qui exercent des fonctions stratégiques au niveau mondial.

Les phénomènes de métropolisation ont plusieurs impacts sur les formes urbaines fonctionnelles de la région parisienne. Tout d'abord, l'Ile-de-France concentre environ un tiers du PIB français et presque 20% de la population nationale sur seulement 2% de la surface de France métropolitaine. L'économie francilienne est ensuite essentiellement tertiaire (INSEE, 2016), basée sur les activités des services aux entreprises (22% de la VA), de services à la personne (14,5%), d'administration publique (16,5%), d'activités immobilières (13%), d'information et la communication (10%), et d'activités financières et assurantielles (7,5%).

Elle correspond à tous les critères d'une grande métropole (Merlin & Choay, 2010) : la concentration de la population et des activités, des fonctions de commandement dans les domaines économiques, financiers, politiques, culturels et intellectuels, un rayonnement touristique et une réputation internationale, et un espace d'interface entre les échelles locales, nationales et internationales. La question de la répartition de ces activités au sein de la région Ile-de-France sera traitée en particulier dans le chapitre 3.

Le rôle de l'Ile-de-France comme interface entre les échelles locale, nationale et globale est particulièrement visible dans le domaine du transport de marchandises et de la logistique. A l'échelle européenne, l'Ile-de-France est un nœud majeur d'un large corridor nord-sud qui relie les grandes « *gateways* » de l'Europe (les ports du *northern range* d'Anvers, Rotterdam et Hambourg) au sud de la France et aux péninsule ibériques et italiennes (Dablanc & Frémont, 2015).

Historiquement, les infrastructures ferroviaires et routières se sont développées en étoile depuis Paris. La région parisienne est aussi desservie par la Seine, qui la relie au Havre en Normandie, le plus important port maritime français. Cette position géographique fait de l'Ile-de-France la localisation optimale pour de nombreux hubs nationaux.

Au-delà de sa position géographique avantageuse, la région parisienne est desservie par de nombreuses infrastructures nodales. L'aéroport Charles de Gaulle est le deuxième aéroport non-asiatique après Anchorage (Etats-Unis) et le 8ème aéroport du monde en termes de tonnage : 84% du fret aérien à l'origine ou à destination de France y transitent. L'aéroport d'Orly est de taille plus modeste mais il joue tout de même un rôle important de polarisation des activités logistiques.

On peut citer plusieurs autres concentrations d'activités logistiques. Le marché international de Rungis est le plus important marché de grossistes du monde, concentrant également de

nombreux acteurs de l'import-export alimentaire. La région parisienne est aussi desservie par environ 70 ports urbains de tailles variées dispersées le long de la Seine et de la Marne, dont 6 sont des terminaux intermodaux traitant du trafic conteneurisé (HAROPA, 2015).

Malgré le fait que l'Ile-de-France ne représente que 10,5% du tonnage de marchandises transportées en France (DRIEA, 2012), la région contient 17% de la surface d'entrepôt en France (CGDD, 2015b) et 26% des emplois du secteur logistique (INSEE, 2015), ce qui tend à montrer que l'offre de transport ne correspond pas strictement à la demande locale. Malgré l'absence d'une grande infrastructure nodale comparable à ce que l'on peut trouver dans certaines métropoles (comme les ports de Shanghai, Los Angeles ou Anvers), ces chiffres montrent l'importance de la région dans son rôle d'interface pour la circulation des marchandises à l'échelle nationale, renforçant ainsi son rôle métropolitain.

1.3.3 Offre en infrastructures : la relation tumultueuse entre Paris et la circulation automobile

Même si la question de la place de l'automobile dans l'espace public et dans les politiques publiques est presque aussi ancienne que l'automobile elle-même (Flonneau, 2003a), on s'intéressera ici uniquement à la période post-Seconde Guerre Mondiale, qui est marquée par une hausse spectaculaire de l'usage de la voiture. On peut distinguer trois périodes au cours de ces soixante-dix années.

La première phase est l'ère de la construction des infrastructures, qui a commencé dans les années 1950 et s'achève aux alentours de 1975 : les « *dix glorieuses de l'urbanisme automobile* », qui auront été une sorte « *d'haussmannisation étendue* » (Flonneau, 2003b). La ville connaît une adaptation que certains qualifient à l'époque de « *technocratique* » (Chevalier, 1977) : suppression des tramways, élargissement des voiries, dépavage des rues, construction de parkings d'intérêt régional, éclairage des axes routiers, et création des voies structurantes et voies rapides (Routhier, et al., 2002).

A quelques axes près, l'essentiel de la structure du réseau routier principal francilien est construit à cette période. Le réseau radioconcentrique est organisé par deux rocade construites alors : le Boulevard Périphérique et l'A86 (qui seront complétés par une troisième rocade dont la construction commencera au milieu des années 1970, la Francilienne). Ce réseau circulaire autour de Paris est à l'époque maillé par plusieurs radiales : l'A1 et l'A15 vers le Nord, l'A6 au

sud, l'A13 vers l'ouest et l'A3 à l'est. La circulation à l'intérieur de Paris est facilitée par la construction des voies sur berges.

La période entre 1975 et les années 1990 est une ère de gestion des trafics (Routhier, et al., 2002). La construction des infrastructures décrites ci-dessus a favorisé l'usage de l'automobile et la périurbanisation, enclenchant ainsi de nouvelles pratiques de mobilité et pour certains, une dépendance aux véhicules motorisés. Dans les espaces denses, le coût de construction de nouvelles infrastructures devenant prohibitif, il convient d'optimiser les déplacements automobiles. Le premier plan de circulation parisien est mis en place en 1976 (Flonneau, 2003a), et vise à limiter la congestion.

Le trafic de transit est « évincé » des zones urbaines par des voies de contournement, les systèmes de régularisation du trafic comme les feux rouges sont optimisés, le stationnement est réglementé et tarifé plus systématiquement, les transports collectifs se développent à l'écart de l'automobile (réseau de métropolitain et couloirs de bus). Les premières réactions de défense face à l'automobile sont mises en place, passant par la « barriérisation » systématique des trottoirs, ou par des projets de piétonisation de zones historiques et monumentales, le symbole le plus emblématique étant probablement le plateau Beaubourg dans le cadre de la construction du centre Georges Pompidou (Flonneau, 2005).

Si la « bataille de l'automobile » est plus ancienne que ce que l'on pense souvent, la décennie 2000 est indubitablement un tournant avec l'arrivée de Bertrand Delanoë à la tête du conseil municipal parisien, dont l'action est prolongée pendant le mandat d'Anne Hidalgo à partir de 2014. Pendant cette période, l'action anti-voiture parisienne est renforcée par un certain nombre de mesures (Koning, 2011) :

- Réduction de l'espace de voirie dédié à la voiture de 25 à 30% (même si cet espace représente encore près de 50% de la surface parisienne (Le Monde, 2016)).
- Redistribution de cet espace à des modes alternatifs : la marche à pieds, le bus (couloirs réservés), le vélo (pistes cyclables, stations vélib'), et récemment la voiture électrique (autolib').
- Retour à partir de 2006 du tramway sur le boulevard périphérique des Maréchaux.
- Mise en avant du stationnement résidentiel (prix en hausse pour les non-résidents), et baisse du nombre de places de stationnement (Koning & Conway, 2016).
- Baisse des limitations de vitesse notamment par l'augmentation du nombre de zones 30 (limitées à 30 km/h) et de zones de rencontre (limitées à 20 km/h).

- Piétonisation d'infrastructures routières importantes à la circulation automobile, les deux cas récents les plus emblématiques concernant la place de la République et les voies sur Berges.

Les tentatives de maîtrise des externalités négatives liées à la circulation automobile sont donc aujourd'hui centrées sur la limitation de cette circulation, malgré les tensions entre Paris et sa banlieue qui reste sur une large portion un territoire de l'automobile (Le Figaro, 2016).

Parallèlement l'impact de ces politiques sur les opérations de fret en centre-ville a longtemps été un impensé de l'action publique parisienne. Les effets sur l'activité des transporteurs qui sont, on l'a dit, absolument dépendants de l'accès routier à la ville, sont peu surprenants en termes de circulation et de stationnement. En 2001, la planification de plusieurs couloirs de bus réalisée sans aucun dialogue avec les opérateurs de transport rend l'accès au trottoir impossible pour eux dans certaines rues.

Les protestations vigoureuses des transporteurs professionnels amènent à cette époque une prise de conscience chez les décideurs publics, reflétée dans la signature de la « Charte en faveur d'une logistique urbaine durable » en 2006 (Browne & Ripert, 2009) et dans son renouvellement en 2013. Cette politique « anti-voiture » a donc évidemment eu des impacts sur les opérations des opérateurs de transport de marchandises en ville, sans que ces impacts aient été nécessairement mesurés ou même pris en compte.

Conclusion

Ce chapitre 1 est l'occasion de revenir non seulement sur une définition plus précise de ce que nous considérons être les formes urbaines, mais aussi de revenir sur un champ de littérature vaste et ancien qui concerne les liens entre ces formes urbaines et le transport. Les relations qu'entretiennent ces deux objets sont complexes et forment un système dont les différents composants sont interdépendants.

Les formes urbaines sont d'une part une variable dépendante des systèmes de transport, les pratiques de mobilité permises par les infrastructures et les technologies du transport contribuant à façonner l'espace des villes. Elles sont d'autre part une variable indépendante du système de transport, en tant qu'élément peu flexible imposant des structures de déplacement qui perdurent malgré le mouvement beaucoup plus rapide des conditions socio-économiques.

La région parisienne est exemplaire de cette interaction transport – formes urbaines, de par l’histoire de son développement et de son rapport particulier avec la voiture. Le transport de marchandises participe de cette interaction avec les formes urbaines, mais de manière très différente de celle du transport de passagers, les deux systèmes de transport étant très liés.

Notre revue de littérature suggère que pour la mobilité des personnes, les systèmes de transport disponibles semblent avoir un effet de contrainte forte sur la localisation des individus et des firmes, et ont donc une influence directe sur les formes urbaines (notamment par l’étalement des personnes et des activités).

Au contraire, les formes urbaines ont un impact sur les caractéristiques des déplacements, et notamment le choix modal (dont les déterminants sont à la fois socioéconomiques et liés aux formes urbaines). Les choix modaux alternatifs (transports en commun, vélo, marche à pieds) jouent un rôle de « soupape de sécurité » pour la mobilité des personnes, à mesure que les déplacements motorisés sont de plus en plus contraints en zone dense.

En ce qui concerne l’approvisionnement et les envois de marchandises, notre revue de littérature semble montrer que les systèmes de transport s’adaptent aux difficultés rencontrées dans l’espace urbain. La mobilité des marchandises n’est donc qu’une contrainte relativement faible pour les choix de localisation des firmes. Les formes urbaines semblent relativement peu contraintes par les questions d’approvisionnement et d’envois, les contraintes n’étant évidemment pas les mêmes selon les secteurs d’activités considérés.

Au contraire, les formes urbaines ont impact important sur les opérations de transport. Le desserrement, à la fois des activités logistiques et du reste des emplois, impacte le nombre de kilomètres parcourus en agglomération. La densité impose des contraintes en termes de circulation et de stationnement. Et contrairement à la mobilité des passagers, le TMV ne dispose pas de cette « soupape de sécurité », le mode routier restant incontournable étant données les contraintes imposées par les chargeurs aux transporteurs.

Bibliographie du chapitre 1

Alho, A. R. & Silva, J. d. A., 2015. Utilizing urban form characteristics in urban logistics analysis: a case study in Lisbon, Portugal. *Journal of Transport Geography*, Volume 42, pp. 57-71.

Allain, R., 2004. *Morphologie Urbaine - Géographie, Aménagement et Architecture de la ville*. Paris: Armand Collin.

- Alonso, W., 1964. *Location and land use. Toward a general theory of land rent*. Cambridge, USA: Cambridge, Mass: Harvard Univ. Pr..
- Arauzo-Carod, J.-M., Liviano-Solis, D. & Manjon-Antonin, M., 2009. Empirical studies in industrial location: an assessment of their methods and results. *Journal of Regional Science*, 50(3), pp. 685-711.
- ASLOG, 2016. *FAQ Logistique de l'ASLOG*. [En ligne]
Available at: <http://www.faq-logistique.com/Logistique.htm>
[Accès le 7 Novembre 2016].
- Aydalet, P., 1985. *Economie Régionale et Urbaine*. Paris: Economica.
- Bavoux, J.-J., Beaucire, F., Chapelon, L. & Zembri, P., 2010. *Géographie des Transports*. Paris: Armand Collin.
- Beaujeu-Garnier, J., 1980. *Géographie urbaine*. Paris: Armand Collin.
- Beckouche, P., 1990. *Métropolisation et système productif. Approche fonctionnelle du fait métropolitain en France*. Lyon, Colloque "Métropoles en déséquilibre ?".
- Bergeron, P., 1989. *Paris, Genèse d'un paysage*. Paris: Picard.
- Bernadet, M., 1985. Réflexion sur l'évolution de la qualité de service dans les transports de marchandises. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, pp. 87-99.
- Beyer, A., 1999. *Morphologies et dynamiques territoriales des services de messagerie*. Paris: Thèse de doctorat - Université Paris XII Val-de-Marne.
- Beziat, A. & Koning, M., 2015. *Modeling the Effect of Congestion on Passenger and Freight Transport in the Paris Region, Using OD Matrices for Freight and Passenger*. Long Beach, USA, International Conference on Urban Freight.
- Beziat, A. & Toilier, F., 2016. *Using urban forms to characterize logistics profiles - the geography of freight movements in the city of Paris*. Shanghai, 14th World Conference on Transport Research.
- Biencourt, O., 1996. Concurrence par la qualité dans le transport routier de marchandises: normes ou réseaux?. *Revue d'économie industrielle*, Volume 75, pp. 211-222.
- Blanquart, C. & Carbone, V., 2008. La place du transport dans les organisations logistiques durables. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Issue 54, pp. 11-24.
- Boudon, F., Chastel, A. & Couzy, H., 1977. *Système de l'architecture urbaine : le quartier des Halles à Paris*. Paris: CNRS.
- Browne, M. & Ripert, C., 2009. La démarche exemplaire de Paris pour le Transport de Marchandises en Ville. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 55, pp. 39-62.
- Calthorpe, P., 1993. *The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream*. New York, USA: Princeton Architectural Press.
- CCTN, 2014. *Comptes des Transports de la Nation*. Paris: Rapport pour la Commission des Comptes des Transport de la Nation.
- Cervero, R. & Gorham, R., 1995. Commuting in Transit Versus Automobile Neighborhoods. *Journal of the American Planning Association*, Volume 61, pp. 210-225.
- CGDD, 2015a. *Les comptes des transports en 2014*, Paris: 52e rapport à la Commission des Comptes des Transports à la Nation.
- CGDD, 2015b. *Entrepôts et plateformes logistiques*, Paris: Rapport du CGDD.
- Chevalier, L., 1977. *L'assassinat de Paris*. Paris: Calmann-Lévy.
- Combes, P.-P. & Lafourcade, M., 2005. Transport Costs: Measures, Determinants, and Regional Policy Implications for France. *Journal of Economic Geography*, 5(3), pp. 319-349.
- Conzen, M. R. G., 1960. *Alnwick, Northumberland : a Study in Townplan Analysis*. Londres: IBG Publication.
- Crawford, J. H., 2005. *A Brief History of Urban Form - Street Layout Through the Ages*. [En ligne]
Available at: <http://www.carfree.com/papers/huf.html>
[Accès le 12 Novembre 2016].
- Dablanc, L., 1997. L'invisibilité juridique du transport de marchandises en ville. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 31, pp. 5-29.
- Dablanc, L., 2007. Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(3), pp. 280-285.
- Dablanc, L. & Adriankaja, D., 2011. Desserrement logistique en Île-de-France : la fuite silencieuse en banlieue des terminaux de fret. *Flux*, 85(3), p. 126.
- Dablanc, L. & Frémont, A., 2015. *La Métropole Logistique*. Paris: Armand Collin.

- Dablanc, L., Ogilvie, S. & Goodchild, A., 2014. Logistics Sprawl: Differential Warehousing Development Patterns in Los Angeles, California, and Seattle, Washington. *Transportation Research Record: The Journal of the Transportation Research Board*, 2410(12), pp. 105-112.
- Dablanc, L. & Ross, C., 2012. Atlanta: a mega logistics center in the Piedmont Atlantic Megaregion (PAM). *Journal of Transport Geography*, Volume 24, pp. 432-442.
- Dablanc, L. & Routhier, J.-L., 2009. La partie urbaine de la chaîne de transport: premiers enseignements tirés de l'enquête ECHO. Dans: *Apports des Enquêtes Chargeurs*. Noisy-le-Grand: Les Collections de l'INRETS, pp. 161-169.
- Danielis, R., Marcucci, E. & Rotaris, L., 2005. Logistics managers' stated preferences for freight service attributes. *Transportation Research Part E*, Issue 41, pp. 201-215.
- Deymier, G., Gaschet, F. & Pouyane, G., 2013. Formes urbaines et coûts de la mobilité: une approche à partir du compte déplacement territorialisé de l'agglomération bordelaise. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 64, pp. 61-90.
- Dizian, D., 2006. *Les activités économiques en Ile-de-France, vers moins d'étalement?*, Paris: Les Cahiers de l'IAU.
- Dobie, K., 2005. The Core Shipper Concept: A Proactive Strategy for Motor Freight Carriers. *Transportation Journal*, 44(2), pp. 37-53.
- DRIEA, 2012. *Document d'orientations stratégiques pour le fret en Ile-de-France à l'horizon 2025*, Paris: Rapport de la DRIEA.
- Duany, A. & Plater-Zyberk, E., 1991. *Towns and Town-Making Principles*. New York, USA: Rizzoli.
- Ducret, R. & Gonzalez-Feliu, J., 2016. Connecting Demand Estimation and Spatial Category Models for Urban Freight: First Attempt and Research Implications. *Transportation Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 142-156.
- Ducret, R., Lemarié, B. & Roset, A., 2016. Cluster Analysis and Spatial Modeling for Urban Freight. Identifying Homogeneous Urban Zones Based on Urban Form and Logistics Characteristics. *Transportation Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 301-313.
- Duranton, G. & Puga, D., 2001. Nursery Cities: Urban Diversity, Process Innovation, and the Life Cycle of Products. *The American Economic Review*, 91(5), pp. 1454-1477.
- Fabbe-Costes, N., 2007. La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : les dimensions organisationnelles d'une gestion lean et agile. Dans: *La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : perspectives stratégiques*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble, pp. 19-43.
- Fassio, G., 2006. Développement durable et organisation des réseaux industriels. *Logistique & Management*, 14(2), pp. 53-62.
- Flonneau, M., 2003a. *L'Automobile à la Conquête de Paris - Chroniques Illustrées*. Paris: Presses ENPC.
- Flonneau, M., 2003b. L'action du district de la région parisienne et les « Dix Glorieuses de l'urbanisme automobile », 1963-1973. *Vingtième Siècle*, 79(3), pp. 93-104.
- Flonneau, M., 2005. *Paris et l'automobile : un siècle de passions*. Paris: Hachette.
- Florida, R., 2002. *The Rise of the Creative Class (and How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life)*. New York: Basic Books.
- Friedman, B., Gordon, S. P. & Peers, J. B., 1992. *The Effect of Neotraditional Design on Travel Characteristics*. Anchorage, Alaska, USA, Institute of Transportation Engineers - District 6 Annual Meeting - Compendium of Technical Papers.
- Gallez, C., Orfeuill, J.-P. & Annarita, P., 1997. L'évolution de la mobilité quotidienne. Croissance ou réduction des disparités ?. *Recherche Transports Sécurité*, Volume 56, pp. 27-42.
- Gardrat, M., Toilier, F. & Sérouge, M., 2016a. *Impacts of logistics sprawl on urban goods movements – lessons from the Bordeaux surveys (1995-2013)*. Shanghai, Chine, 14th World Conference on Transport Research.
- 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), pp. 127-140.
- Gilli, F., 2004. *Choix de localisation des entreprises et périurbanisation des emplois*. Lille: Thèse de doctorat : Université de Lille 1.
- Giuliano, G., 1995. The Weakening Transportation-Land Use Connection. *Access*, Volume 6, pp. 3-11.
- Giuliano, G., Kang, S. & Yuan, Q., 2015. *Using proxies to describe the metropolitan freight landscape*, Los Angeles, USA: Metrofreight Report 15-1C.
- Giuliano, G., O'Brien, T., Dablanc, L. & Holliday, K., 2013. *Synthesis of Freight Research in Urban Transportation Planning*, Washington, D.C., USA: National Cooperative Freight Research Program Report.
- Giuliano, G. & Small, K. A., 1993. Is the Journey to Work Explained by Urban Structure?. *Urban Studies*, 30(9), pp. 1485-1500.
- Gonzalez-Feliu, J. & Routhier, J.-L., 2012. Modeling urban goods movements: how to be oriented with so many approach?. *Procedia - Social and Behavioral Science*, Volume 39, p. 11.

- Goodchild, A. & Dubie, M., 2016. *Logistics sprawl in Chicago, Illinois*. Shanghai, Chine, Proceedings from the 14th World Conference on Transport Research.
- Gottmann, J., 1961. *Megalopolis, The Urbanized Northeastern Seaboard of the United States*. Cambridge, USA: The MIT Press.
- Guerrero, D. & Proulhac, L., 2016. La dynamique spatiale des activités logistiques dans les aires urbaines françaises. *Cybergeo : revue européenne de géographie*, Issue <http://cybergeo.revues.org/27517>.
- Guilbault, M., 1994. *Quels besoins pour les chargeurs ? Variété de la demande et choix de transport*, Joinville: Rapport INRETS.
- Guilbault, M. & Soppé, M., 2009. Grandes tendances d'évolution des pratiques de transport et logistique au travers des enquêtes chargeurs 1988 et ECHO 2004. Dans: *Apports des enquêtes Chargeurs*. Bron: Les collections de l'INRETS, pp. 33-55.
- Halbert, L., 2010. *L'avantage métropolitain*. Paris: PUF.
- Halbwachs, M., 1938. *Morphologie sociale*. Paris: Armand Collin.
- Hansen, M., Gillen, D. & Puvathingal, M., 1998. *Freeway Expansion and Land Development: An Empirical Analysis of Transportation Corridors*, Berkeley, California, USA: University of California Transportation Center no. 511.
- Harnay, P., Cruz, C. & Dablanc, L., 2014. La sous-traitance de la messagerie urbaine : logiques économiques et rapports de dépendance. *Socioéconomie du travail*, 48(36), pp. 1-27.
- HAROPA, 2015. *Rapport d'activités 2015*, Paris: Ports de Paris - HAROPA.
- Heitz, A. & Dablanc, L., 2015. Logistics Spatial Patterns in Paris: The Rise of the Paris Basin as a Logistics Megaregion. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2477, pp. 76-84.
- Heitz, A. et al., 2016b. *Spatial patterns of logistics facilities in Gothenburg, Sweden*. Shanghai, China, Proceedings from the 14th World Conference on Transport Research.
- Heitz, A., Dablanc, L. & Tavasszy, L., 2016a. *Logistics sprawl in monocentric and polycentric metropolitan areas: The cases of Paris, France, and the Randstad, The Netherlands*. Shanghai, Chine, Proceedings from the 14th World Conference on Transport Research.
- Hillier, B., 1996. *Space is the Machine*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Holguín-Veras, J. et al., 2012. *Freight Trip Generation and Land Use*, Washington, D.C., USA: National Cooperative Freight Research Program Report.
- Holguín-Veras, J. et al., 2016. *Using Commodity Flow Survey Microdata and Other Establishment Data to Estimate the Generation of Freight, Freight Trips, and Service Trips: Guidebook*, Washington, D.C., USA: Pre-publication draft of NCFRP Research Report 37.
- Huang, J., Lu, X. X. & Sellers, J. M., 2007. A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, Volume 82, pp. 184-197.
- INSEE, 2015. *375 000 emplois salariés dans la logistique en Ile-de-France*, Paris: INSEE Analyse n°13.
- INSEE, 2016. *Produits intérieurs bruts régionaux et valeurs ajoutées régionales de 1990 à 2013*. [En ligne] Available at: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1893220> [Accès le 1 Décembre 2016].
- Jaller, M., Holguín-Veras, J. & Hodge, S., 2013. Parking in the City: Challenges for Freight Traffic. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2379, pp. 46-56.
- Koning, M., 2011. *Essais sur la Congestion dans les Transports à Paris*. Paris: Thèse de doctorat - Université Paris I.
- Koning, M. & Conway, A., 2016. The good impacts of biking for goods: Lessons from Paris city. *Case Studies on Transport Policy*, 4(4), pp. 259-268.
- Lacour, C. & Puissant, S., 1999. *La métropolisation - Croissance, diversité et fractures*. Collection Villes éd. Paris: Anthropos-Economica.
- Le Figaro, 2016. *Voies sur berges: 168 maires en colère écrivent à Anne Hidalgo*. [En ligne] Available at: <http://www.lefigaro.fr/actualite-france/2016/11/29/01016-20161129ARTFIG00346-voies-sur-berges-168-maires-en-colere-eccrivent-a-anne-hidalgo.php> [Accès le 2 Décembre 2016].
- Le Goff, J., 1980. *Histoire de la France urbaine. La ville médiévale*. Paris: Le Seuil.
- Le Monde, 2016. *A Paris, la moitié de l'espace public est réservé à l'automobile*. [En ligne] Available at: http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2016/11/30/a-paris-la-moitie-de-l-espace-public-est-reservee-a-l-automobile_5040857_4355770.html [Accès le 2 Décembre 2016].
- Le Néchet, F., 2011. Consommation d'énergie et mobilité quotidienne selon la configuration des densités dans 34 villes européennes. *Cybergeo : revue européenne de géographie*, Issue <http://cybergeo.revues.org/23624>.
- Ledrut, R., 1968. *Sociologie Urbaine*. Paris: PUF.

- Lévy, A., 2005. Formes urbaines et significations : revisiter la morphologie urbaine. *Espaces et sociétés*, 3(122), pp. 25-48.
- Lincoln Institute of Land Policy, 2012. *Atlas of Urban Expansion*. [En ligne]
Available at: <http://atlasofurbanexpansion.org/historical-data>
[Accès le 29 Novembre 2016].
- Lorino, P., 1995. Le déploiement de la valeur par les processus. *Revue française de gestion*, Volume 104, pp. 55-71.
- Loyer, F., 1987. *Paris XIXe siècle, l'immeuble et la rue*. Paris: Hazan.
- Macario, R., 2013. Modeling for public policies inducement of urban freight business development. Dans: *Freight Transport Modeling*. Anvers: Emerald Group, pp. 405-432.
- Macario, R., Filipe, L., Martins, P. & Reis, V., 2007. *Urban mobility management: what about distribution of urban goods?*. Berkeley, USA, 11th World Conference on Transportation Research.
- Manning, I., 1979. The journey to work. Dans: *Transportation in Cities*. New York, USA: Pergamon, p. 194.
- Merlin, P. & Choay, F., 2010. *Dictionnaire de l'Urbanisme et de l'Aménagement*. Paris: PUF.
- Mills, E. S., 1967. An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. *American Economic Review*, Volume 57, pp. 197-210.
- Monnet, J., 2012. Villes et Loisirs: Les usages de l'espace public. *Historiens & Géographes*, Volume 419, pp. 201-213.
- Muth, R. F., 1969. *Cities and housing*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Newman, P. W. G. & Kenworthy, J. R., 1989a. Gasoline Consumption and Cities - A comparison of US cities with a global survey. *Journal of the American Planning Association*, 55(1), pp. 24-37.
- Newman, P. W. G. & Kenworthy, J. R., 1989b. *Cities and automobile dependence: An international sourcebook*. Aldershot, UK: Cower.
- Newman, P. W. G. & Kenworthy, J. R., 1996. The land use-Transport connection : an Overview. *Land Use Policy*, 13(1), pp. 1-22.
- Newman, P. W. G. & Kenworthy, J. R., 1999. *Sustainability and Cities : Overcoming Automobile Dependence*. Washington, D.C., USA: Island Press.
- Noel, N., 2003. *Formes urbaines, aménagements routiers et usage de la bicyclette*. Laval, Québec: Thèse de doctorat - Université de Laval.
- Notteboom, T. & Rodrigue, J.-P., 2007. Re-Assessing Port-Hinterland Relationships in the Context of Global Commodity Chains. Dans: *Ports, Cities, and Global Supply Chains*. London: Ashgate.
- OCDE, 2003. *Delivering the Goods: 21st Century Challenges to Urban Goods Transport*, Paris: OCDE Publishing.
- Oliveira, L. K., Santos, O. R., Nobrega, R. A. A. & Dablanc, L., 2016. *The geography of warehousing in Belo Horizonte (Brazil)*. Shanghai, Chine, Proceedings of the 14th World Conference on Transport Research.
- Outwater, M., Islam, N. & Spear, B., 2005. *The Magnitude and Distribution of Commercial Vehicles in Urban Transportation*. Washington D.C., USA, 84th Transportation Research Board Annual Meeting - Compendium of Papers.
- Paché, G., 1998. Distribution alimentaire et prestation de services logistiques – Les singularités du modèle français. *Economie Rurale*, 245(1), pp. 49-55.
- Park, R. E. & Burgess, E. W., 1921. *Introduction to the Science of Sociology*. Chicago, USA: The University of Chicago Press.
- Pearce, D. G., 1998. Tourist districts in Paris: structure and functions. *Tourism Management*, 19(1), pp. 49-65.
- Pinon, P., 1988. La morphologie urbaine, entre "vieille géographie" et nouvelle histoire. *Villes en parallèle*, 12(13), pp. 89-99.
- Pinon, P. & Des Cars, J., 1991. *Paris-Haussmann*. Paris: Pavillon de l'Arsenal-Picard.
- Polèse, M. & Shearmur, R., 2009. *Economie Urbaine et Régionale*. Paris: Economica.
- Pouyanne, G., 2004. Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine-mobilité. Méthodologie et premiers résultats. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 45, pp. 49-82.
- Raimbault, N., 2014. *Gouverner le développement logistique de la métropole : périurbanisation, planification et compétition métropolitaine, le cas du bassin parisien et éclairages étrangers*. Paris: Thèse de Doctorat : Université Paris Est - Marne-la-Vallée.
- Raimbault, N., Douet, M. & Frémont, A., 2013. Les implantations logistiques entre réseaux et territoires. *L'Espace Géographique*, 42(1), pp. 23-43.
- Raynaud, D., 1999. Forme urbaine: une notion exemplaire du point de vue de l'épistémologie des sciences sociales. Dans: *Langages singuliers et partagés de l'urbain*. Paris: L'Harmattan, pp. 93-120.
- Région Ile-de-France, 2008. *SDRIF Schéma de Développement de la Région Ile-de-France*, Paris: Région Ile-de-France.
- Région Ile-de-France, 2013. *SDRIF - Schéma de Développement Régional de la Région Ile-de-France*, Paris: Région Ile-de-France.

- Reid, E. & Certero, R., 2001. Travel and the Built Environment. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1780, pp. 87-114.
- Reigner, H., Brenac, T. & Hernandez, F., 2013. *Nouvelles idéologies urbaines - Dictionnaire critique de la ville mobile, verte et sûre*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C. & Slack, B., 2017. *The Geography of Transport System*. 4th Edition éd. New York: Routledge.
- Roncayolo, M., 2002. *Lectures de ville, Formes et temps*. Paris: Parenthèses.
- Rouleau, B., 1965. *Le tracé des rues de Paris. Formation, typologies, fonctions*. Paris: CNRS.
- Routhier, J.-L., Dufour, J.-G. & Patier, D., 2002. *Du Transport de Marchandises en Ville à la Logistique Urbaine*, Paris: Centre de prospective et de veille scientifique - Direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques.
- Routhier, J.-L. & Gonzalez-Feliu, J., 2013. Transport de marchandises et formes urbaines : Vingt ans de recherche et d'expérimentations. Dans: *Ville et Mobilité. Nouveaux regards*. Paris: Economica, pp. 57-81.
- Routhier, J.-L. & Toilier, F., 2007. *Freturb V3, a Policy Oriented Software of Modeling Urban Goods Movements*. Berkeley, USA, 11th World Conference on Transportation Research.
- Sakai, T., Kawamura, K. & Hyodo, T., 2015. Locational dynamics of logistics facilities: Evidence from Tokyo. *Journal of Transport Geography*, Volume 46, pp. 10-19.
- Sakai, T., Kawamura, K. & Hyodo, T., 2017. Spatial reorganization of urban logistics system and its impacts: Case of Tokyo. *Journal of Transport Geography*, Volume 60, pp. 110-118.
- Sassen, S., 1991. *La Ville globale : New York, Londres, Tokyo*. Princeton, USA: Princeton Paperbacks.
- Savy, M., 2011. *Le transport de marchandises*. Paris: Eyrolles.
- Scherrer, F., 2013. Préface. Dans: *Nouvelles Idéologies Urbaines - Dictionnaire critique de la ville mobile, verte et sûre*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, pp. 9-11.
- Schwarz, N., 2010. Urban form revisited—Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*, Volume 96, pp. 29-47.
- Strale, M., Te Boeveldt, G., Macharis, C. & Dobruszkes, F., 2016. *Logistics sprawl in the Brussels metropolitan area: Territorial, socioeconomic and political aspects*. Shanghai, Chine, Proceedings of the 14th World Conference on Transport Research.
- Suescun, J. P. B. & Daravina, P. A. C., 2016. *The paradox of land use and logistic settlements: Logistic sprawl and polarization in Colombian urban areas*. Shanghai, Chine, Proceedings of the 14th World Conference on Transport Research.
- Taniguchi, E., Thompson, R. & Yamada, T., 2012. Emerging techniques for enhancing the practical application of city logistics models. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 39, pp. 3-18.
- Tsai, Y.-H., 2005. Quantifying Urban Form: Compactness versus "sprawl". *Urban Studies*, 42(1), pp. 141-161.
- TURBLOG, 2011. *Transferability of urban logistics concepts and practices from a worldwide perspective*, Lisbonne: 7FP Research Program of the European Commission.
- Van Crielingen, M. & Fleury, A., 2006. La ville branchée : gentrification et dynamiques commerciales à Bruxelles et à Paris. *Belgeo*, 1(2), pp. 113-134.
- Vanco, F., 2011. *Formes urbaines et durabilité du système de transports. Une application par les coûts de la mobilité urbaine des ménages au sein de l'agglomération Lyonnaise*. Lyon: Thèse de doctorat - Université Lumière - Lyon II.
- Veltz, P., 1996. *Mondialisation, villes et territoires*. Paris: PUF.
- Viala, L., 2005. Contre le déterminisme de la forme urbaine, une approche totale de la forme de la ville. *Espaces et sociétés*, 122(3), p. 99 à 114.
- Vlès, V., 2011. ntre redynamisation urbaine et banalisation des espaces : tensions et enjeux de l'urbanisme touristique. *Mondes du tourisme*, 1(3), pp. 14-25.
- von Thünen, J. H., 1851. *Recherches sur l'influence que le prix des grains, la richesse du sol et les impôts exercent sur les systèmes de culture*. Paris: Guillaumet et Cie.
- Weber, M., 1982. *La Ville*. Paris: Aubier.
- Wenglenski, S., 2006. Regards sur la mobilité au travail des classes populaires. Une exploration du cas parisien. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 49, pp. 103-127.
- Wiel, M., 1999. *La Transition urbaine: ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*. Bruxelles: Mardaga.

Woudsma, C., Jakubicek, P. & Dabanc, L., 2016. Logistics Sprawl in North America: Methodological Issues and a Case Study in Toronto. *Transportation Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 474-488.

Chapitre II – Mesurer la demande pour le TMV : aspects méthodologiques, approche critique

Introduction

En France, les besoins d'indicateurs quantitatifs concernant les déplacements des personnes dans les agglomérations sont généralement satisfaits depuis plusieurs dizaines d'années par les EMD (Enquêtes Ménages Déplacements). Plus de 150 EMD ont été réalisées dans 90 agglomérations françaises depuis 1976, en se basant sur une méthodologie standard développée par le Centre d'Etudes sur les Réseaux de Transport et l'Urbanisme (CERTU, 2013).

Depuis le début des années 2000, le CERTU (fusionné en 2014 avec d'autres organismes au sein du Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, le CEREMA) a également développé des méthodologies spécifiques aux villes moyennes (Enquêtes Déplacements Ville Moyenne) et aux grands territoires (Enquête Déplacement Grands Territoires).

Les équivalents de ces enquêtes, destinées à fournir ces grands indicateurs statistiques, se sont développés bien plus tardivement pour les marchandises, et ne sont pas aussi répandus. Le programme Marchandises en Ville, développé dans les années 1990 par le ministère des transports et l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), et les enquêtes TMV, construites par les chercheurs du LAET à Lyon (Laboratoire Aménagement et Economie des Transports, à l'époque LET), et réalisées dans ce cadre permettent d'apporter un éclairage sur cette question. Cet éclairage, vu à l'échelle mondiale, est substantiel : peu d'agglomérations urbaines en Europe, aux Etats-Unis ou ailleurs, ont réalisé cet effort de collecte et d'exploitation de données statistiques, même s'il reste encore parcellaire.

Dans ce chapitre, nous étudions dans une première section les outils de mesure des mouvements et des flux de marchandises par le biais d'une revue de littérature sur les méthodes d'enquête existantes, notamment l'enquête TMV et sa déclinaison pour l'Ile-de-France. Nous approfondirons dans une seconde section cette question avec l'étude des approches de modélisation qui sont nées de ces méthodes d'enquête, notamment le logiciel Freturb développé par le LAET.

2.1 Mesure des mouvements et des flux de marchandises pour l’Ile-de-France : revue de littérature

2.1.1 L’enquête Transport de Marchandises en Ville : méthode

Les enquêtes sur le transport de marchandises ont pendant longtemps pris deux formes principales en France (Patier & Routhier, 2009a). La première concerne des enquêtes qu’on peut qualifier « d’usuelles », les enquêtes cordons et de comptage. Elles sont souvent réalisées pour estimer visuellement (dans le cas d’un comptage) le trafic de véhicules de marchandises, parfois en arrêtant le chauffeur pour lui poser des questions sur son trajet (dans le cas des enquêtes cordons). Elles sont réalisées ponctuellement, souvent par des collectivités locales pour répondre à une question précise sur le trafic d’une infrastructure ou d’une zone.

La seconde forme concerne les enquêtes qui se basent sur un échantillon d’un type de véhicule (les poids lourds pour l’enquête TRM, les véhicules utilitaires légers pour l’enquête VUL) pour s’intéresser à leur activité sur une période donnée. Elles permettent notamment de produire les résultats statistiques publiés chaque année par le ministère du développement durable sur les trafics de poids lourds et de VUL à l’échelle régionale en France (Base SITRAM).¹⁹

Ces méthodes d’enquête produisent des résultats intéressants qui peuvent être pertinents pour mesurer le trafic de véhicules de marchandises entre des grands espaces. Mais, outre le fait qu’elles sont rarement adaptées à l’échelle d’une aire urbaine (Patier & Routhier, 2009a), elles ne permettent pas de répondre à la question des déterminants de ce trafic. Deux enquêtes en France permettent néanmoins d’y répondre.

D’abord, les enquêtes Chargeurs (1988) et ECHO (2004), qui sont des enquêtes de « suivi des envois » : elles permettent l’analyse des chaînes complètes des envois depuis l’expéditeur jusqu’au destinataire rendant compte du cheminement physique des produits (succession de trajets, passage sur des plateformes et entrepôts intermédiaires, nature des opérations et de la prise de décision des acteurs).

Ensuite, les enquêtes Transport de Marchandises en Ville (TMV), qui nous servent de base pour ce travail de thèse. L’enquête ECHO a une visée nationale d’analyse des chaînes logistiques et

¹⁹ <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/t/flux-marchandises-sitram-i.html>

n'est pas forcément représentative pour l'analyse de l'extrémité urbaine de ces chaînes (Dablanc & Routhier, 2009). L'enquête TMV est donc privilégiée pour l'analyse des déterminants des mouvements de marchandises en ville.

Les enquêtes TMV ont été développées au milieu des années 1990 à l'initiative du ministère des transports de l'époque et de l'ADEME. La méthodologie est développée à ce moment-là par les chercheurs du Laboratoire d'Economie des Transports et appliquée à trois agglomérations françaises : Bordeaux (Patier, et al., 1997), Dijon et Marseille (Patier, et al., 2000). Cette méthodologie fait l'objet d'une littérature abondante (Patier & Routhier, 2009a; Patier & Routhier, 2009b; Patier, et al., 2004), dont nous allons maintenant faire une revue.

Si l'on convient que la ressource rare en milieu urbain est l'espace, la variable à mesurer est l'occupation de la voirie par les véhicules de livraison lors de leurs déplacements (en circulation) et en stationnement (à l'arrêt). C'est avec cette logique pragmatique que les enquêtes TMV ont été menées, et qu'une unité d'observation pertinente a été choisie.

Cette unité d'observation est ce que les chercheurs du LAET appelle un « mouvement », c'est-à-dire une opération de livraison ou d'enlèvement – ou les deux en même temps, opération comptée comme un mouvement « conjoint » – de marchandises d'un établissement – une unité localisée de production de biens et / ou de services – par un chauffeur-livreur à l'aide d'un véhicule.

L'intérêt de cette unité d'observation est avant tout pratique. En effet, c'est dans ces circonstances qu'il est le plus aisé de récolter des informations sur plusieurs aspects du mouvement :

- Le mouvement en lui-même : l'opérateur qui réalise le transport, le véhicule utilisé, le jour, l'heure, la durée, le mode de stationnement, le type de manutention des marchandises, et leurs caractéristiques (nombre, poids, nature, conditionnement).
- L'établissement économique livré ou enlevé et son organisation logistique : le type d'activité, le nombre d'employés, la surface et le type de local, la flotte de véhicules disponibles, et l'espace de stockage et de réception des marchandises.
- L'itinéraire des véhicules au cours de leur parcours pour arriver au mouvement : nombre et localisation des mouvements lorsqu'il s'agit d'une tournée, origines et destinations des trajets du véhicule, distance parcourue, durée des déplacements.
- Les formes urbaines environnantes : l'usage du sol aux alentours, les caractéristiques de la voirie, le type de bâti, l'espace disponible pour le stationnement.

Bien sûr, toutes ces informations ne sont pas disponibles auprès d'un seul acteur. L'opérateur de transport n'a par exemple presque jamais d'information sur l'établissement qu'il est en train de livrer ou d'enlever. L'établissement économique livré ou enlevé n'a presque jamais d'information sur l'itinéraire emprunté par les véhicules pour livrer son établissement, à moins qu'il réalise lui-même l'opération de transport.

L'enquête TMV est donc en réalité constituée de trois sous-enquêtes (Figure 2.1.1). Les deux premières sont liées par l'unité d'observation commune qu'est le mouvement : elles concernent les établissements économiques et les chauffeurs-livreurs (voir annexe 1 pour les questionnaires pour l'Ile-de-France). La troisième est plus qualitative et concerne les principaux transporteurs de l'aire urbaine considérée.

Notons que les enquêtes TMV sont réalisées sur un espace d'étude bien défini : l'aire urbaine (Patier & Routhier, 2009a). L'aire urbaine permet de ne pas se limiter à un territoire administratif comme la commune ou le département, aux limites non pertinentes à l'analyse d'une activité économique qui transcende ces frontières fixes. Elle ne se limite pas à un espace défini morphologiquement comme l'agglomération qui ne permettrait pas de prendre en compte les fins de chaîne de bout en bout, les entrepôts et centres de distribution étant souvent situés hors de l'agglomération. L'aire urbaine est un compromis permettant de se limiter à une zone d'étude donnée. Il s'agit de plus d'un territoire fonctionnel, même s'il concerne plus le transport de passager que le transport de marchandises dans sa définition.²⁰

La première étape est l'enquête des établissements économiques dans leur globalité : magasins, usines, bureaux... L'enquête est réalisée sur un échantillon d'établissements tiré du fichier SIRENE (Système national d'Identification et du Répertoire des Entreprises et de leurs Etablissements), le répertoire des établissements économiques français produit par l'INSEE. L'échantillon est constitué en prenant en compte l'activité, la nature du local et sa taille : pour l'enquête de Bordeaux en 1995 (la toute première), 37 strates ont été définies au sein desquelles les établissements enquêtés de l'aire urbaine sont tirés aléatoirement.

²⁰ L'INSEE définit les aires urbaines comme « *un ensemble de communes, d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle urbain (unité urbaine) de plus de 10 000 emplois, et par des communes rurales ou unités urbaines (couronne périurbaine) dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci* ».

Ces strates ont à l'époque été définies à partir d'hypothèses préalables concernant l'homogénéité des pratiques logistiques des établissements au sein de chaque strate. L'enquête établissement a lieu en trois phases :

- Une première visite de l'établissement, au cours de laquelle l'enquêteur recueille des informations générales sur les caractéristiques des établissements et les mouvements les plus fréquents.
- Au cours de la visite, l'enquêteur laisse un carnet de bord à remplir pour l'établissement. Les attributs des mouvements sont renseignés sur une semaine.
- A l'issue de cette semaine, l'enquêteur revient pour un second entretien, pour une vérification du carnet de bord et une collecte d'informations supplémentaires concernant l'établissement.

Cette enquête permet notamment d'étudier la génération des mouvements de marchandises à travers un indicateur : le nombre de mouvements par semaine par emploi d'un établissement.

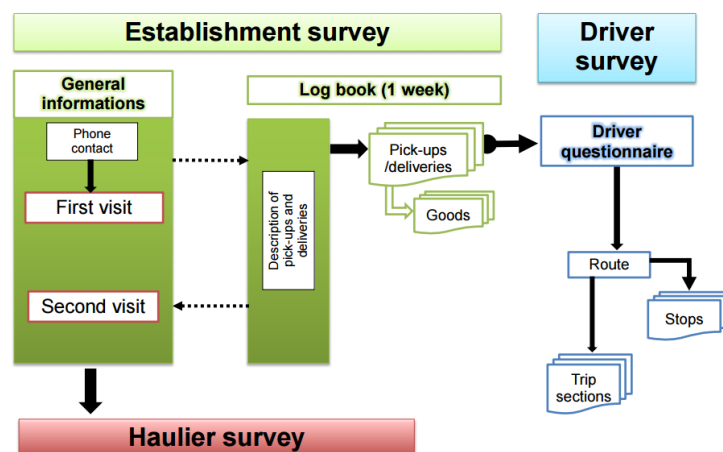


Figure 2.1.1 – Schéma d'administration des enquêtes TMV
(Gardrat, 2015)

La méthode de collecte des données pour l'enquête chauffeur-livreur est un peu plus complexe parce qu'elle varie en fonction des enquêtes. Pour Bordeaux (dans les années 1990 et les années 2010) et pour l'Ile-de-France, une partie ou la totalité de la collecte des données a été réalisée via l'enquête établissement. Lors de la semaine d'enquête, l'établissement transmet aux chauffeurs le desservant un questionnaire (fourni à l'établissement dans le carnet de bord).

Le chauffeur doit ensuite remplir le questionnaire de manière auto-administrée et le renvoyer par courrier postal aux enquêteurs. La seconde méthode a été utilisée pour Bordeaux (années 2010), l'Ile-de-France, Dijon et Marseille : il s'agit des enquêtes « embarquées », c'est-à-dire

avec des enquêteurs à bord du véhicule accompagnant le chauffeur pendant sa tournée. Cette méthode de récolte des résultats est plus précise, mais est aussi plus onéreuse.

La troisième enquête est un peu à part : il s'agit d'une enquête des principaux transporteurs de la région (en compte propre et pour compte d'autrui) rencontrés pendant les deux premières enquêtes. L'objectif est plus qualitatif et consiste à comprendre les organisations logistiques et les choix des grands transporteurs.

La pondération est réalisée de manière successive suivant la méthodologie du LAET. D'abord, une post-stratification des établissements est réalisée pour construire des classes plus homogènes en termes de nombre de mouvements par semaine et par emploi à partir des résultats obtenus. Le poids p_s de chaque établissement, spécifique à chaque strate s est égal à l'inverse du taux de sondage, c'est-à-dire le ratio r_s nombre d'établissements de la strate s de l'aire urbaine sur le nombre d'établissements de la même strate de l'échantillon.

$$p_s = \frac{1}{r_s} \quad (1)$$

Le redressement prend en compte les variations de volume de mouvements entre ce que les établissements déclarent lors des entretiens et les mouvements effectivement renseignés dans les carnets de bord, de l'ordre de 20% environ (Patier & Routhier, 2009a). Pour corriger ce décalage, un coefficient correctif c_e est appliqué à chaque établissement e d'une strate s prenant en compte la fréquence hebdomadaire f_i de chaque mouvement m déclaré par le répondant.

$$c_e = \frac{m_{se}}{\sum f_i} \quad (2)$$

Enfin, le poids de chaque mouvement m peut être calculé comme :

$$m_{se} = w_s \times c_e \times f_i \quad (3)$$

Le redressement de chaque tournée est également rendu nécessaire par le fait que les enquêtes chauffeurs-livreurs obtiennent plus de réponses pour certains types d'activité et pour certains types d'opérateurs de transport que pour d'autres, ce qui déforme l'image obtenue par l'enquête établissement. Le poids de chaque tournée $tour$ du type d'activité a et du mode de gestion g en cinq classes dépend du nombre de mouvements mvt du type m,a calculé par l'enquête établissement et du nombre de mouvements mvt_{tour} de la tournée redressée :

$$tour_{m,a} = \frac{mvt_{m,a}}{mvt_{tour_{m,a}}} \quad (4)$$

2.1.2 L'enquête TMV : spécificités franciliennes

Le transfert à l'Ile-de-France de la méthode d'enquête TMV développée dans les années 1990 pour Bordeaux, Dijon et Marseille, a été sollicité et financé par la région Ile-de-France, avec l'aide de l'ADEME, ce qui a posé plusieurs problèmes. Tout d'abord, l'enquête « Transporteurs » n'a pas eu lieu pour l'Ile-de-France. Le coût des deux premières enquêtes étant déjà considérable, il a été jugé préférable de ne pas la mener.

Le principal problème concerne la taille de la région et la faisabilité de l'enquête. Notons d'emblée que pour l'Ile-de-France, les limites de la région correspondent à peu de choses près aux limites de l'aire urbaine, ce qui légitime la réalisation de l'enquête à une échelle administrative, celle de la région. Le plus grand espace enquêté dans la vague d'enquêtes précédente était l'aire urbaine de Marseille, c'est-à-dire un territoire constitué de 14 communes, un peu plus d'un million d'habitants répartis sur environ 560 km². Par comparaison, l'Ile-de-France est un territoire de 1 300 communes, environ 12 000 000 d'habitants, répartis sur environ 12 000 km².

La taille du territoire pose deux problèmes. Le premier est directement lié aux distances qu'implique la surface de l'aire d'enquête et aux coûts des déplacements qui en découlent pour les enquêteurs, nécessaires pour obtenir une bonne couverture territoriale des établissements économiques. Le second problème concerne la diversité de ses territoires et de ses activités. La question, pour l'enquête TMV-IDF est : comment enquêter un territoire aussi vaste, varié et atypique (dans le paysage urbain français) que la région Ile-de-France (Toilier, et al., 2016) ?

Pour contourner ce problème, l'enquête TMV-IDF a nécessité une méthode d'échantillonnage spécifique pour que les établissements soient représentatifs des différents territoires d'Ile-de-France, tout en limitant le coût des déplacements. La méthode d'échantillonnage a légèrement changé depuis les années 1990. L'échantillon n'est pas constitué par tirage au sein de strates définies à partir d'hypothèses sur l'homogénéité des pratiques logistiques des établissements au sein de cette strate. Les strates (en 8, 45 et 115 classes : voir annexe 2) sont définies à partir des résultats des enquêtes des années 1990, et de l'homogénéité observée des pratiques logistiques des différents types d'établissements.

Pour l'enquête TMV-IDF, les établissements ont aussi été sélectionnés au sein d'espaces « représentatifs » de la région. Pour définir cette représentativité, les chercheurs du LAET ont testé plusieurs possibilités (Toilier, et al., 2016). En raison des limites de la littérature existante

et après plusieurs entretiens auprès d'acteurs locaux, le choix a été fait de réaliser une typologie des communes franciliennes en fonction de variables pertinentes pour le TMV. Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été réalisée à partir d'une série de critères : densité de population et d'emplois, distance aux infrastructures routières, distance au centre de l'agglomération, types d'activité, et pourcentage d'occupation du sol du bâti. Le résultat est une typologie des communes d'Ile-de-France en 9 classes (Figure 2.1.2).

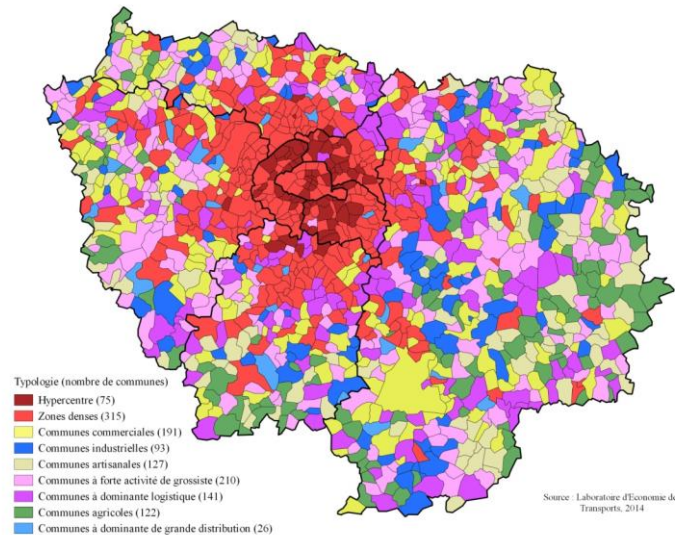


Figure 2.1.2 – Typologie de commune pour l'échantillonnage de l'ETMV-IDF (Région Ile-de-France, 2014a)

L'échantillonnage des établissements est réalisé au sein de clusters de communes représentatifs de ces 9 classes (Figure 2.1.3) permettant de réduire les coûts de transport des enquêteurs.

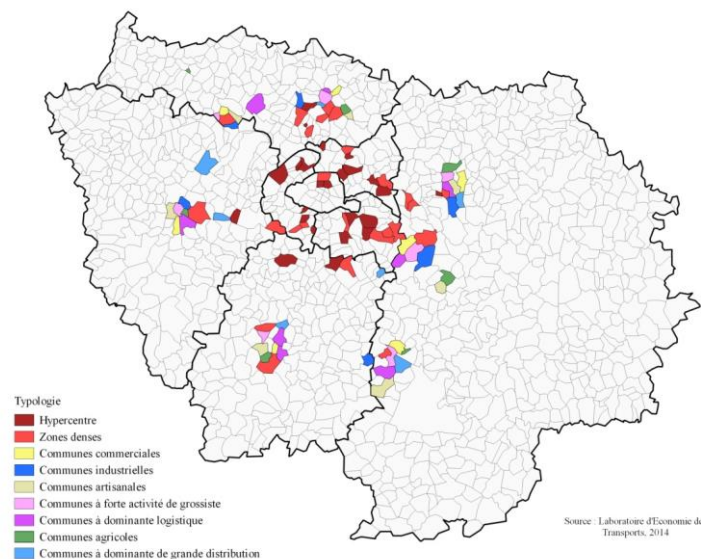


Figure 2.1.3 – Zones de tirage des établissements économiques pour l'enquête TMV-IDF (Toilier, et al., 2016)

Au-delà des adaptations volontaires de la méthodologie, il faut aussi préciser que l'enquête TMV-IDF ne s'est pas déroulée sans heurts. Les notes intermédiaires d'avancement de l'enquête font état de la difficulté des enquêteurs à établir un contact avec les établissements économiques, et de mener l'enquête jusqu'à son terme (c'est-à-dire passer le second entretien) une fois le contact établi. Même lorsque les enquêtes ont été menées jusqu'au bout, il a subsisté un taux de non-réponses assez important pour certaines parties de l'enquête.

Les carnets de bord, notamment, n'ont pas toujours été remplis de manière exhaustive (d'où une proportion importante de non-réponses pour certaines variables). Il est complexe de se prononcer sur les raisons de ces accrocs : difficultés liées au bureau d'études ayant réalisé l'enquête, ou spécificités régionales de l'Île-de-France en ce qui concerne la bonne volonté des répondants ? Toujours est-il que l'enquête a connu des difficultés non rencontrées (ou en tout cas, dans une moindre mesure) à Bordeaux (1995 ou 2010), Dijon et Marseille.

Au final, les enquêteurs n'ont pas rempli l'objectif initial de 1 500 questionnaires établissements qui avait été fixé. Les chercheurs du LAET ont fourni un travail important de vérification et de nettoyage des données en 2012 après l'enquête. Le redressement ayant aussi pris un certain temps, les données ont finalement été rendues disponibles au premier trimestre 2014, soit un an et demi après la date prévue. La base finale contient 1 188 établissements. L'objectif d'une trentaine d'établissements par strate d'activités (en 45 classes), prévu à la base pour garantir la représentativité des résultats (Toilier, et al., 2016), n'a donc pas pu être totalement rempli pour certaines catégories (voir annexe 2).

L'enquête chauffeur-livreur s'est aussi déroulée dans des conditions relativement difficiles. Le cahier des charges de l'enquête prévoyait à la base 800 questionnaires auto-administrés distribués par les établissements aux chauffeurs, et 300 questionnaires embarqués (Région Île-de-France, 2014b). Si les enquêtes embarquées se sont très bien déroulées, il est apparu assez vite que le nombre d'enquêtes auto-administrées nécessaire ne serait pas atteint, les questionnaires chauffeurs n'étant pas systématiquement distribués par les établissements, et le taux de réponse étant faible. Deux autres modes d'administration de l'enquête ont été mis en place successivement (voir Tableau 2.1.1) :

- Les questionnaires « hors établissements », distribués à la volée à des chauffeurs-livreurs, auto-administrés et renvoyés par courrier postal, comme pour les auto-administrés liés aux établissements.

- Puis les questionnaires « fin de tournées », avec un enquêteur chargé d'interroger le chauffeur à la fin de sa tournée lors d'un entretien pour lui demander des informations précises sur son parcours.

Mode d'administration	Auto-administrés		Avec enquêteur	
	Liés à un établissement	Hors-établissements	Embarqués	Fin de Tournées
Questionnaires				
Nombre de questionnaires remplis	196	183	344	205
Variables renseignées	-	-	-	-
Opérateur de transport	Oui	Oui	Oui	Oui
Nombre de mouvements	Oui	Oui	Oui	Oui
Distance totale	Oui	Oui	Oui	Oui
Distance entre chaque mouvement	Non	Non	Oui	Non
Durée totale	Oui	Oui	Oui	Oui
Durée de chaque opération	Non****	Non****	Oui	Non***
Type de chaque opération	Oui	Oui	Oui	Oui
Type de véhicule	Oui	Oui	Oui	Oui
Mode de gestion	Oui	Oui	Oui	Oui
Etablissements desservis	En partie*	En partie**	Oui	En partie****
Nature de la marchandises	En partie*	En partie**	Oui	En partie****
Conditionnement de la marchandise	En partie*	En partie**	Oui	En partie****
Manutention des marchandises	En partie*	En partie**	Oui	En partie****

* Seulement pour le mouvement effectué à l'établissement qui a distribué le questionnaire au chauffeur

** Seulement pour le mouvement estimé « le plus représentatif » de sa tournée pour le chauffeur

*** Le niveau de détail devrait être le même que celui des « embarqués » mais nous n'avons pas eu accès aux données complètes pour ces tournées dans le cadre de ce travail de thèse

**** Durée moyenne des opérations de la tournée, pas la durée détaillée de chaque tournée

Tableau 2.1.1 – Le nombre de questionnaires chauffeur-livreur selon le mode d'administration et le type de questionnaire (source : auteur)

Il existe donc deux modes d'administration (avec ou sans enquêteur) et deux questionnaires (un pour les embarqués, un pour les autres), pour un total de 928 tournées renseignées. Comme il était prévu dans la méthodologie de base, les questionnaires embarqués sont plus précis et renseignent plus de variables. A part cette différence, les variables sont relativement similaires d'un questionnaire à l'autre et permettent un traitement statistique commun des différents questionnaires.

Notons tout de même que malgré le déroulé quelque peu chaotique de l'enquête, les résultats obtenus sont d'une qualité satisfaisante. Ils ont été contrôlés, nettoyés et validés.²¹ Ils permettent

²¹ Par le LAET pour l'enquête établissement. Par l'auteur, dans le cadre de cette thèse, sous contrôle du LAET, pour l'enquête chauffeur-livreur).

des traitements intéressants présentés tout au long de cette thèse et les grands indicateurs sont cohérents avec ceux qui ont été calculés dans les autres enquêtes (dans les années 1990, et à Bordeaux en 2011).

2.1.3 Principaux résultats de l'enquête TMV-IDF

Pour le moment, seul le volet « établissement » de l'enquête TMV-IDF a fait l'objet de publications de résultats par le LAET et d'une communication « officielle » de la région Ile-de-France (Région Ile-de-France, 2014a). Le volet « chauffeur-livreur » a été uniquement exploité dans le cadre de notre travail de thèse, ce qui contribue à son originalité. Nous donnons ici quelques résultats généraux qui permettent de mieux expliquer la visée de l'enquête TMV, tout en offrant une première photographie du fonctionnement du transport de marchandises en Ile-de-France. L'intégralité des traitements présentés dans ce chapitre est détaillée dans l'annexe 3 de ce travail de thèse.

Le premier grand indicateur de l'enquête TMV est le nombre de mouvements générés par les activités économiques de la région Ile-de-France : 4 258 762 chaque semaine, soit environ 0,74 mouvements par emplois (ce ratio sera distingué par type d'activité plus tard dans la thèse), ce qui indique une « intensité » logistique plus faible du territoire francilien. Ce résultat est déjà en soi significatif : les trois agglomérations enquêtées dans les années 1990 donnaient toutes les trois un ratio égal à 1 environ.

Cet écart pourrait s'expliquer de trois manières. D'abord, par des spécificités régionales de fonctionnement logistique : les établissements franciliens « consommeraient » moins de transport que les établissements des trois autres agglomérations (démontrant peut-être une optimisation logistique inhérente aux territoires très denses ?). Ensuite, par une évolution endogène des systèmes logistiques : les établissements « consommeraient » moins de transport aujourd'hui que dans les années 1990. Enfin par une évolution exogène aux systèmes logistiques, celle du tissu économique : la tertiairisation des territoires métropolitains impliquerait un tissu économique majoritairement constitué d'activités faiblement consommatrices de transport.

La première hypothèse est difficile à vérifier statistiquement sans avoir accès au détail de l'enquête bordelaise. S'il semble bien que les ratios en ST45 soient légèrement inférieurs pour

l'ETMV-IDF que pour l'enquête TMV de Bordeaux réalisée en 2010, il peut tout à fait s'agir de variations naturelles d'échantillons, rendant la comparaison difficile.

La seconde hypothèse est quant à elle impossible à vérifier : il n'est pas possible de faire une analyse diachronique pour l'Ile-de-France, étant donné l'absence de terrain francilien lors que la première vague d'enquête des années 1990. Notons tout de même que l'hypothèse a été écartée pour Bordeaux, seule agglomération pour laquelle ce type d'analyse diachronique est pour l'instant possible.

L'étude sectorielle des ratios de mouvements a montré que la diminution du nombre moyen de mouvements (de 1 à environ 0,9 mouvement par semaine et par emplois) est d'avantage due aux évolutions exogènes qu'aux évolutions endogènes (Bonnafous, et al., 2016). Le facteur principal serait donc celui de la composition économique du territoire. Le territoire francilien est avant tout composé d'activités tertiaires (environ 45% des emplois) faiblement consommatrice de transport de marchandises (voir Figure 2.1.4).

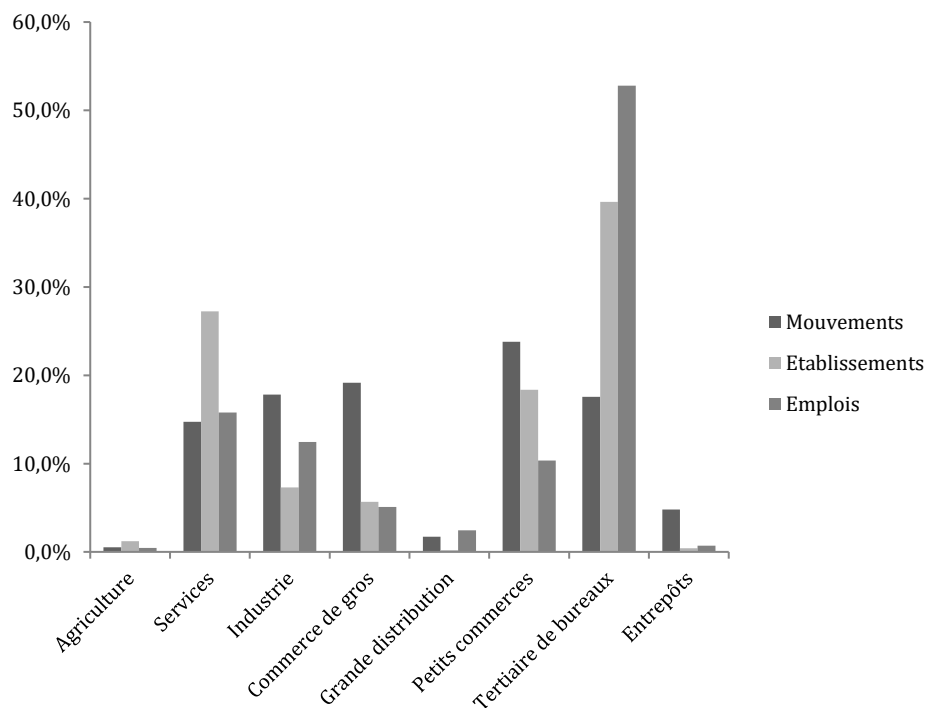


Figure 2.1.4 – Répartition des mouvements, établissements et emplois par ST8, les grands types d'activités de l'enquête TMV (Source : ETMV-IDF, 2014, voir annexe 3)

Cette composition économique (voir Figure 2.1.5) explique aussi le fait que l’Ile-de-France soit un territoire plus consommateur que producteur de flux.²² Les activités tertiaires (bureaux, petits commerces, grande distribution, et services) qui représentent presque 60% des mouvements en Ile-de-France, sont nettement plus réceptrices qu’émettrices. Au contraire, les activités de commerce de gros et de transport et logistique sont logiquement les établissements économiques qui génèrent le plus d’expéditions, mais ils représentent moins d’un quart des mouvements franciliens.

Au total, la somme des livraisons et des opérations conjointes (qui concernent généralement une plus grande quantité de marchandises livrées qu’enlevées) représente environ les deux tiers des mouvements d’Ile-de-France. Remarquons tout de même que les opérations conjointes représentent une portion notable des mouvements, ce qui n’était pas le cas lors des enquêtes des années 1990.

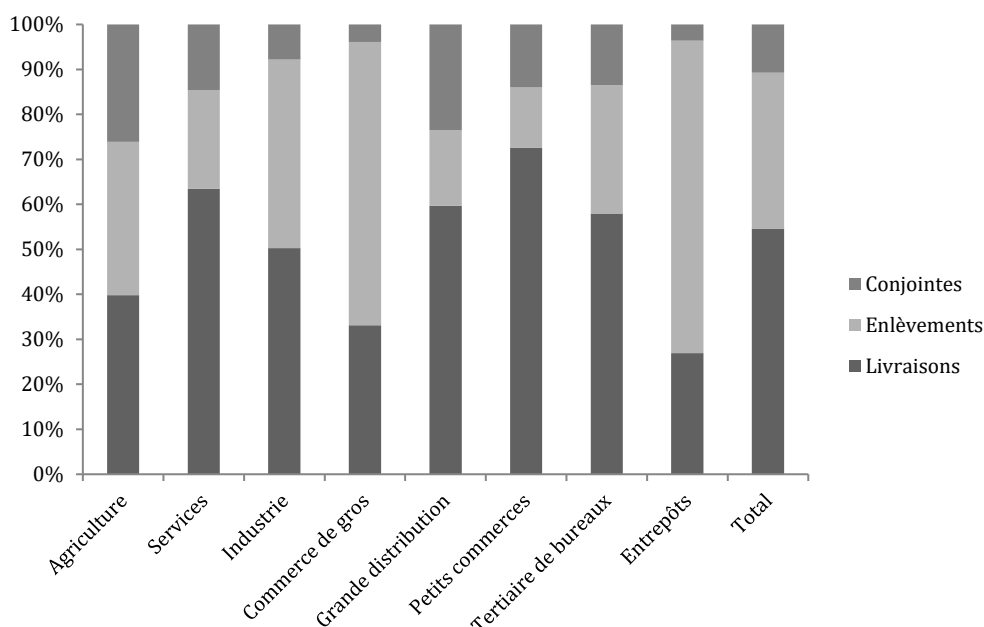


Figure 2.1.5 – Répartition des types de mouvements selon les types d’activités
(Source : ETMV-IDF, 2014, voir annexe 3)

L’enquête TMV permet de renseigner la nature de l’opérateur de transport sous une variable que les chercheurs du LAET appellent le « mode de gestion » et qui a trois modalités : le compte pour autrui (CA), le compte propre expéditeur (CPE) et le compte propre destinataire (CPD).

²² Ceci est confirmé par les données nationales de la base SITRAM (voir section 2.1.1).

La distinction entre compte pour autrui et compte propre est juridique et opérationnelle. Le transport en compte propre est réalisé par l'entreprise qui possède les marchandises, alors que le transport en compte d'autrui est réalisé par un transporteur professionnel dont c'est l'activité principale, pour le compte d'une autre entreprise. La distinction entre CPE et CPD a été introduite par les enquêtes TMV des années 1990. Elle sert à différencier les mouvements de marchandises réalisés par l'entreprise qui envoie les marchandises (Compte Propre Expéditeur) des mouvements réalisés par l'entreprise destinataire finale de la livraison (Compte Propre Destinataire).

La répartition des modes de gestion est très dépendante de l'activité économique, comme le montre la Figure 2.1.6 ci-dessous. Notons également que la tendance est à l'externalisation : le CA est aujourd'hui majoritaire par rapport au CP, ce qui n'était pas le cas dans les années 1990 (une tendance confirmée par les analyses diachroniques à Bordeaux (Bonnafous, et al., 2016)).

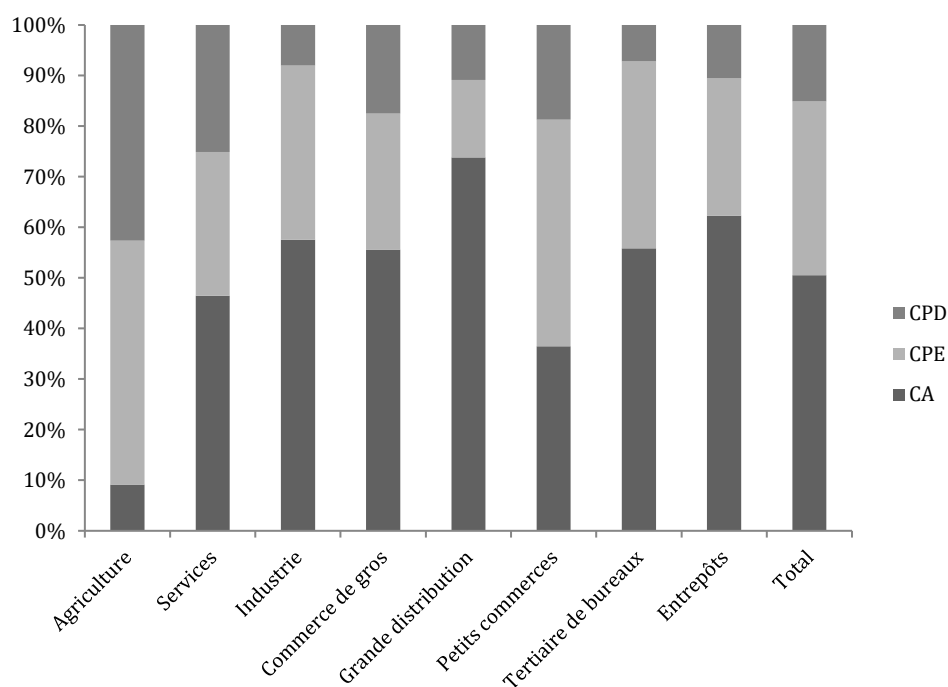


Figure 2.1.6 – Répartition des modes de gestion selon les types d'activités
(Source : ETMV-IDF, 2014, voir annexe 3)

Le dernier résultat majeur de l'enquête TMV concerne le type de véhicules utilisé pour réaliser les mouvements (Figure 2.1.7). Les résultats sont présentés en distinguant quatre types de véhicules : les véhicules utilitaires légers dont le PTAC (Poids Total Autorisé en Charge) est

égal ou inférieur à 3,5 tonnes²³, qui représentent quasiment 60% des mouvements ; les porteurs (PTAC > 3,5 T) dont la taille et le poids peuvent être assez variables, et qui représentent presque 30% des mouvements ; les poids lourds articulés qui sont les plus gros véhicules circulant en agglomération, avec environ 10% des mouvements ; et les deux ou trois roues (vélos, triporteurs, motocyclettes). Notons qu’une évolution intéressante par rapport aux enquêtes des années 1990 concerne l’apparition de cette dernière catégorie de véhicule qui reste très minoritaire (~ 4%, surtout des véhicules deux-roues motorisés) mais était auparavant quasiment absente des résultats.

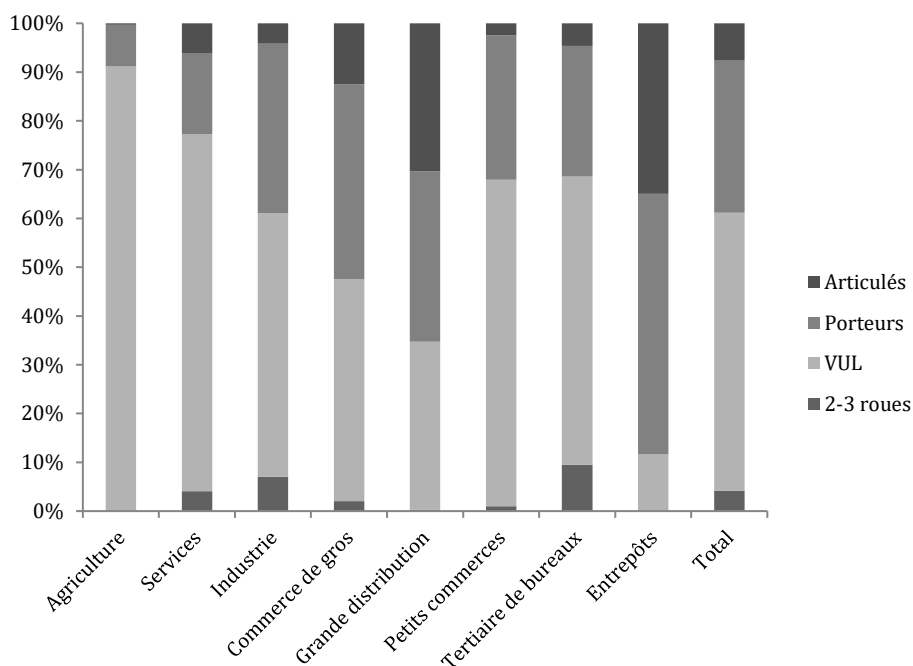


Figure 2.1.7 – Répartition des types de véhicules selon les types d’activités
(Source : ETMV-IDF, 2014, voir annexe 3)

Bien sûr, ces traitements ne sont qu’une partie de ce que permet l’enquête TMV-IDF. Les différentes variables présentées ci-dessus peuvent être croisées. Et l’enquête contient beaucoup d’autres variables non présentées ici : l’heure, le jour de la semaine, le type de stationnement, le poids ou encore le conditionnement de la marchandise. Ces variables, notamment bien sûr celles sur les caractéristiques du stationnement lors de l’opération de livraison ou d’enlèvement, sont utilisées dans les différentes parties de cette thèse et seront présentées au fil des chapitres.

²³ La distinction se justifie par le fait que la conduite d’un véhicule de plus 3,5 tonnes nécessite l’obtention du permis C.

2.2 Au-delà des grands indicateurs statistiques : présentation des modèles de demande et de Freturb

2.2.1 La modélisation de la demande du TMV dans la littérature

Le recueil de données sur le TMV présente un intérêt de production de connaissances dans un domaine beaucoup moins souvent exploré que le transport de passager. Il permet aussi d'alimenter des systèmes de modélisation d'aide à la décision pour la puissance publique. Plusieurs travaux visent à recenser les nombreux modèles existant. Dans un article de 2012, Gonzalez-Feliu et Routhier ont synthétisé de manière très complète les différentes approches. Ils classent les modèles sur le transport de marchandises en ville en quatre grandes catégories :

- Les modèles d'estimation de la demande : ils visent, comme leur nom l'indique, à générer la demande de transport. Ils utilisent les caractéristiques d'un espace donné (généralement les activités économiques) comme input du modèle.
- Les modèles d'optimisation : c'est la deuxième grande catégorie, qu'on retrouve dans des champs de recherche opérationnelle. Ces modèles fonctionnent généralement à partir d'une demande définie par un modèle de la première catégorie. Leur objectif est d'optimiser les flux de transport pour répondre à la demande, en prenant en compte un ensemble de contraintes définies par un modèle théorique.
- Les modèles multi-acteurs : moins courants, ils visent à comprendre et simuler le comportement de différents acteurs en interactions, dans un univers défini par un système de contraintes.
- Les modèles macro-économiques ou de micro-simulation : très variés, ils cherchent généralement à évaluer des scénarios pour de l'aide à la décision publique. Ils sont très dépendants des trois autres catégories de modèle pour leurs données d'input.

Quels que soient l'approche et l'objectif de la modélisation du TMV, le socle commun est presque systématiquement l'estimation de la demande, une pratique ancienne pour l'aide à la décision (Ogden, 1977). Au sein de cette catégorie de modèles, les approches peuvent varier selon les méthodologies sélectionnées par les auteurs. Les modèles varient notamment selon les unités de modélisation sélectionnées au départ :

- L'unité la plus élémentaire, c'est-à-dire la quantité de marchandises à transporter (ce que Holguín-Veras et al., 2016 désignent par la *freight generation*), estimée pour une zone de l'agglomération, à partir de laquelle on reconstitue généralement les trajets des véhicules à l'aide d'algorithmes d'optimisation issus de la recherche opérationnelle.

- Les trajets des véhicules de marchandises (ce que Holguín-Veras et al., 2016, distinguent comme *freight trip generation*), avec une origine et une destination, à partir desquelles on peut modéliser une matrice Origine-Destination (OD), un peu à l'instar de ce qui se fait dans les recherches sur le transport de passagers (étape de distribution). On peut éventuellement ensuite convertir les trajets en tonnes de marchandises et calculer des tonnes-km.
- L'approche du LAET qui est spécifique, avec le mouvement, qui permet de reconstituer l'organisation du transport à partir des différents aspects qu'il est possible d'analyser depuis cette unité, comme on l'a vu plus haut.

Gonzalez-Feliu et Routhier (2012) distinguent ce qu'ils appellent les modèles *top-down* des modèles *bottom-up*. Ils distinguent ainsi certaines démarches formulées a priori qu'ils appliquent aux données existantes. D'autres modèles sont au contraire *bottom-up*, c'est-à-dire qu'ils sont construits à partir d'une analyse détaillée des données collectées par enquêtes.

Un bon exemple d'approche *bottom-up* est la modélisation en quatre étapes. La première étape est la génération de la demande de trajets, avec des origines et des destinations dans des zones de l'agglomération. La distribution des trajets est ensuite estimée, permettant de relier les origines et les destinations, utilisant par exemple des algorithmes de minimisation des distances.²⁴ La troisième étape concerne le choix modal, ce qui se traduit généralement pour le TMV par la taille du véhicule employé étant donnée la prédominance du routier. La quatrième étape est l'affectation de l'itinéraire aux réseaux.

Le dernier aspect, à l'importance considérable, concerne la granularité des données permettant de calibrer le modèle. Gonzalez-Feliu et Routhier (2012) en recensent trois formes. D'abord, les modèles agrégés, qui prennent en compte des données agrégées généralement à l'échelle d'une agglomération pour y définir des couples origine-destination. Ensuite, des modèles désagrégés, qui prennent en compte des données concernant des unités élémentaires, comme les ménages ou les établissements. Enfin, les modèles segmentés, entre les deux premières catégories, qui utilisent des données à l'échelle de zones de l'agglomération.

La diversité des modèles observés dans la littérature est, dans une large mesure, fonction des écoles de pensée d'origine des chercheurs qui les ont formalisés : les statistiques (qui produisent

²⁴ Cette approche est d'ailleurs très simplificatrice car le TMV passe par des plateformes et entrepôts, et parce que les opérations finales de transport se font au sein de tournées, ce que nous explorerons dans le chapitre 4.

des modèles empiriques inférentiels), les mathématiques formalisées (qui ont produit beaucoup de modèles *top-down*, pour reprendre la terminologie employée par Gonzalez-Feliu et Routhier) ou les recherches informatiques liées aux algorithmes (concernant surtout les modèles d'optimisation). L'approche statistique est celle qui est principalement mobilisée dans notre travail de thèse.

D'après notre propre observation de la littérature récente sur le sujet, deux des approches statistiques les plus abouties au niveau mondial sont menées par deux équipes de recherche. La première est celle menée par l'équipe de José Holguín-Veras du Rensselaer Polytechnic Institute dans l'Etat de New-York aux USA, dont une synthèse des recherches peut être trouvée dans Holguín-Veras, et al., 2016. La seconde est celle des chercheurs du LAET du programme Marchandises en Ville, avec les enquêtes TMV et le logiciel d'aide à la décision Freturb, qui est à la base de ce travail de thèse.

En reprenant le cadre d'analyse de Gonzalez-Feliu et Routhier (2012), on s'aperçoit que les deux modèles s'accordent sur la nécessité d'une granularité des données très importante pour générer la demande depuis les éléments économiques élémentaires d'une aire urbaine : les établissements. Les deux modèles s'appuient sur des données empiriques de grandes enquêtes des établissements économiques : le modèle d'Holguín-Veras et al. se sert du *Commodity Flow Survey américain*, Freturb sur les résultats de l'ETMV. En revanche, ces modèles sont différents en ce qui concerne l'unité élémentaire : Freturb part du mouvement, alors que le modèle américain est basé sur la quantité de *commodity* (distinguant bien *freight generation* et *freight trip generation*).

La démarche de modélisation est *bottom-up* pour Freturb : les classes d'établissements utilisées pour différentes étapes de la modélisation sont construites directement à partir des données d'enquêtes et des méthodes statistiques de partitionnement des données (Patier & Routhier, 2009a). L'approche d'Holguín-Veras a recours à des modèles appliqués a priori aux données – qui vont de la régression linéaire à des applications plus sophistiquées de modèles d'inventaires modèle EOQ²⁵) – à partir des données du *commodity flow survey* produit sur le tonnage de marchandises consommé par les établissements (Holguín-Veras, et al., 2016).

²⁵ *Economic Order Quantity* : ces modèles d'inventaires visent à estimer la quantité optimale de marchandises à commander en fonction de la demande annuelle, du prix de la marchandise, des coûts de la commande, dont le transport et des coûts de stockage de la marchandise.

2.2.2 Le modèle Freturb : méthodologie

Dans le cadre du programme Marchandises en Ville développé dans les années 1990, le constat a été rapidement fait de la nécessité de systématiser les résultats des enquêtes TMV pour aider la décision publique (diagnostics transports, estimations de trafics, politiques de stationnement...). C'est dans ce contexte que le modèle Freturb a été développé par les chercheurs du LAET. Là encore, une littérature assez abondante existe sur le développement du modèle, dont nous allons faire une rapide revue ci-dessous.

Le logiciel a été développé à la fin des années 1990 et en est depuis 2007 à sa troisième version (Routhier, et al., 2002b; Toilier, et al., 2005; Routhier & Toilier, 2007; Gérardin, et al., 2000). L'objectif du modèle Freturb, dans la continuité de l'enquête TMV, est de mesurer l'occupation de la voirie par les véhicules de livraisons. Le logiciel est constitué de plusieurs modules interdépendants. Les données d'input du modèle sont simplement constituées d'un fichier SIRENE regroupant les différentes caractéristiques des établissements économiques et la localisation de chaque établissement, et d'un fichier de l'agglomération découpée en différentes zones qui sont définies et décrites par l'utilisateur.

A partir du fichier SIRENE contenant les établissements et leurs caractéristiques, le logiciel utilise les données de l'enquête TMV pour attribuer à chaque établissement e un nombre de mouvements par semaines n_e (divisé en trois catégories d'opérations : livraisons, enlèvements, conjointes). Le nombre de mouvement dépend du type d'activité a (en 45 classes, voir annexe 2), de la nature du local p et de la classe d'effectif o . La somme des mouvements M_z d'une zone z est :

$$M_z = \sum_{e \in z} n_e(a, p, o) \quad (5)$$

Freturb définit à partir de cette génération une typologie des établissements économiques en 115 classes $\varepsilon_{(a,o)}$ prenant en compte le type d'activité (en 45 classes) et la classe d'effectif des établissements.

Freturb distingue ensuite au sein de l'ensemble de mouvements M_z d'une zone z les caractéristiques des mouvements en fonction du type de véhicule v (en trois types : VUL, porteurs, articulés), du mode de gestion m (CA, CPE, CPD) et du type de parcours du véhicule qui dessert l'établissement r (trace directe ou tournée). L'équation (5) peut être exprimée sous la forme de :

$$M_z = \sum_{\varepsilon, v, m, r} M_{\varepsilon, z} \cdot f_{v, m, r}(\varepsilon) \quad (6)$$

Pour le dire de manière moins formalisée : l'enquête TMV nous renseigne sur la fréquence $f_{v, m, r}$ des trois caractéristiques citées, pour chaque établissement de la catégorie ε défini par le type d'activité, le type de local et la classe d'effectif. Freturb se sert ainsi de ces informations pour caractériser les mouvements d'une zone z .

Freturb estime ensuite à partir de ces catégories de mouvements le nombre total de trajets t d'une zone z en fonction de ses caractéristiques opérationnelles. Le logiciel permet effectivement de distinguer les mouvements qui concernent des parcours en trace directe td (un aller-retour d'un véhicule entre deux points), ou bien qui sont des points de départ / points d'arrivée se , qu'on peut qualifier de trajets « principaux » d'une tournée (plus de deux points visités) ou qui sont des points ordinaires c touchés lors d'une tournée :

$$t_z = td_z + se_z + c_z \quad (7)$$

Le logiciel produit ensuite des fonctions de distance (25 en tout, voir Figure 2.2.1) qu'il applique selon des critères de distinction des mouvements qu'il a réalisées jusque-là :

- Le type de véhicule, selon trois catégories : VUL, porteurs, articulés.
- Le mode gestion de l'opération : CA, CPE, CPD (compte d'autrui, compte propre expéditeur, compte propre destinataire).
- Le type d'activité desservie, en distinguant les activités « de base » ou productrices (agriculture, industrie, commerce de gros, transport) des activités « d'appoint » consommatrice (artisanat, services, grands magasins, petits commerces, tertiaire).
- Du mode d'organisation du déplacement, c'est-à-dire le type de trajet pour arriver au mouvement : trajet de trace directe, trajets principaux ou trajets ordinaires d'une tournée.
- Pour les trajets ordinaires d'une tournée, la fonction de distance dépend aussi de la densité de mouvements de la zone génératrice du mouvement en trois groupes (moins de 1 000 mouvements par semaine par km², 1 000 à 5 000 mouvements par semaine par km², ou plus de 5 000 mouvements par semaine par km²).

A partir des fonctions de distance et des types de trajets définis dans les modules précédemment décrits, Freturb construit une matrice origine-destination en faisant correspondre les trajets de type t qui touchent une zone i aux trajets similaires d'une zone j . L'algorithme de *matching* suit trois règles : pour chaque type t , les trajets des zones qui contiennent le plus d'établissements

sont distribués en premier ; les zones qui correspondent à la distance moyenne parcourue par les trajets sont matchées en priorité par rapport à la zone de départ ; la distribution respecte la composition économique de chaque zone (en 8 classes d'activité).

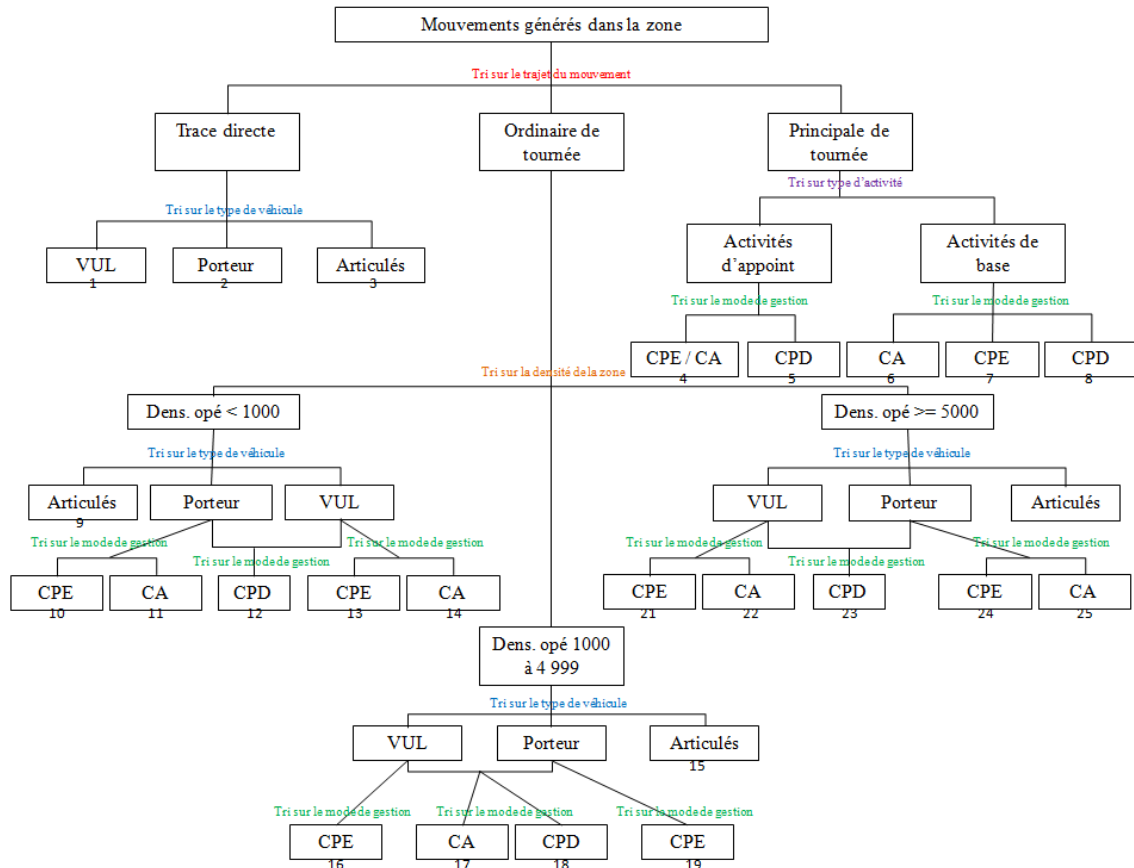


Figure 2.2.1 – Critères de définition des 25 fonctions de distance des mouvements dans Freturb (d'après Gérardin, et al., 2000)

Si les modules décrits jusque-là permettent d'estimer les distances parcourues par les véhicules en mouvement, le modèle Freturb permet aussi d'estimer la durée et le mode de stationnement des véhicules de livraisons (double-file, stationnement illégal, stationnement légal, parking privé), et donc l'occupation de la voirie des véhicules à l'arrêt. Cette occupation dépend de plusieurs caractéristiques du mouvement :

- Le type de véhicule utilisé.
- Le mode d'organisation du mouvement (*td*, *se*, *c*).
- Le nombre total d'arrêts de la tournée (plus la tournée comprend d'arrêt, plus l'arrêt est rapide).
- La densité de la zone (prenant en compte la densité de mouvements et la densité de population).
- Le type d'activité livrée.

Freturb est un logiciel opérationnel permettant de modéliser l'occupation du sol par les véhicules de livraison en agglomération. Son analyse est pertinente puisqu'il aborde certaines problématiques de cette thèse comme les déterminants des formes de mobilité des marchandises ou les impacts des formes urbaines sur ces formes de mobilité. Freturb répond à ces questions de manière systématique et quantitative, dans une démarche de modélisation. Le modèle est calibré par les données de l'enquête TMV, élaborée à cette fin. A ce titre, il est pertinent de parler d'une démarche TMV-Freturb.

2.2.3 Mesurer l'activité économique d'une zone : enjeux et application méthodologique

Dans le cadre de ce travail de thèse, nous avons choisi dans la mesure du possible de modéliser ce que nous avons pu à partir des résultats de l'enquête TMV-IDF, ce qui a impliqué un certain nombre de choix méthodologiques. C'est le cas de plusieurs résultats présentés dans le chapitre 3. Ce travail de modélisation a été réalisé à partir de l'établissement, ce que préconisent la plupart des méthodologies de génération des flux de marchandises.

Si, comme nous l'exposons dans la sous-section précédente, les modèles de génération de marchandises ou de mouvements de marchandises sont relativement courants, il est rare que leurs auteurs s'attardent sur les données d'input de leurs modèles, qui sont souvent des fichiers d'établissements économiques. Cet état de fait interpelle. En effet, la qualité des données fournies par les fichiers d'établissements est souvent soumise à caution. Il convient, *a minima*, d'examiner comment sont constitués ces fichiers établissements et, si besoin est, de s'attarder sur leur nettoyage et leur correction.

Dans le cadre de notre travail, les cartes et tableaux décrivant les mouvements de marchandises sont générés à partir d'un fichier d'établissements obtenu dans le cadre d'une convention avec l'IAU-IDF (voir l'introduction générale) : le fichier Altarès. Ce fichier est une base de données commerciale vendue par Altarès D&B, une entreprise spécialisée dans le traitement et la diffusion de données sur les entreprises. En l'occurrence, le fichier obtenu est une extraction de données du fichier SIRENE de l'INSEE qui contient tous les établissements d'Ile-de-France, pour l'année 2013.

SIRENE a d'abord une visée administrative (INSEE, 2011). Son but est d'identifier plusieurs groupes : certaines personnes physiques exerçant une profession non salariée de manière

indépendante, les groupements de droits privé (indivisions, sociétés de fait...) et les personnes morales (entreprises publiques ou privées, sociétés civiles, syndicats, associations...).

Chaque individu de la base (personne physique ou morale) est identifié par un numéro SIREN, qui est attribué à la création. L'INSEE se sert également du fichier à des fins statistiques : chaque établissement déclare son code APE (Activité Principale Exercée), choisi dans la nomenclature NAF (Nomenclature des Activités Françaises en 732 classes d'activités), et est caractérisé par son effectif salarié (en classes d'effectifs), par sa localisation (à l'adresse), ainsi que par sa catégorie juridique.

Si cette base de données paraît adaptée aux besoins de cette étude, elle nécessite en réalité un important travail pour la rendre exploitable. Le fichier SIRENE est constitué à des fins administratives et non opérationnelles. Il contient de nombreux défauts pour une utilisation dans le cadre d'un modèle de génération, défauts qu'il est nécessaire de corriger afin d'obtenir une meilleure estimation du nombre d'établissements et de leur activité réelle. Cette estimation donne des résultats qui divergent légèrement de ceux du LAET, qui a utilisé un fichier SIRENE pour la publication des premiers résultats de son enquête, et qui utilise sa propre méthode de correction du fichier (Région Ile-de-France, 2014a).

La méthodologie utilisée pour la correction du fichier Altarès s'inspire en partie de celle qu'utilise le logiciel Freturb (Gérardin, et al., 2000) pour corriger le fichier SIRENE en input. La première modification majeure au fichier Altarès consiste à effacer les unités qui sont des établissements au sens administratif du terme (ils ont un numéro SIREN d'entreprise, et un numéro SIRET d'établissement et sont donc inclus dans le fichier), mais pas au sens fonctionnel, c'est-à-dire une unité localisée de production de services et / ou de biens, nécessitant l'approvisionnement ou l'enlèvement de marchandises. Pour cela nous utilisons la catégorie juridique des établissements.

Par exemple, les sociétés civiles immobilières sont incluses dans le fichier SIRENE (et donc dans la base Altarès). Une SCI est un contrat juridique permettant à plusieurs personnes de posséder un bien immobilier, dans le but notamment de faciliter la transmission du bien. Lors de la création d'une SCI, elle reçoit un numéro SIREN et une adresse. Elle fait donc partie de notre base de données, mais il ne s'agit pas d'une activité professionnelle à proprement parler.

Certains établissements de la base Altarès sont des activités professionnelles mais ne sont pas forcément des unités de production (de services ou de biens) localisées en un lieu et ne génèrent

pas (ou extrêmement peu) de flux de marchandises. Il s'agit essentiellement des auto-entrepreneurs, des professions libérales et des associations sans salariés. Ces établissements doivent être supprimés pour donner une image plus réaliste de l'activité des établissements économiques d'un territoire (voir Tableau 2.2.1). La liste des codes juridiques non inclus dans le fichier final est disponible en annexe 4.

Départements	Nombre d'établissements fichier	Nombre d'établissements <i>post</i>
	Altarès	contrôle des codes juridiques
Paris (75)	598 931	355 722
Hauts de Seine (92)	193 272	124 023
Seine Saint Denis (93)	137 008	99 254
Val de Marne (94)	126 855	81 878
Seine et Marne (77)	121 162	84 123
Yvelines (78)	137 223	88 248
Essonne (91)	108 122	73 210
Val d'Oise (95)	99 898	68 749
Ile de France	1 522 471	975 207

Tableau 2.2.1 – Nombre d'établissements avant et après le contrôle des codes juridiques par départements (source : Altarès)

La deuxième étape du nettoyage que nous réalisons consiste à identifier les établissements qui sont domiciliés à un endroit sans y avoir d'activité. La présence de nombreuses sociétés de domiciliation d'entreprises dans Paris notamment (mais pas seulement) rend la tâche particulièrement complexe. Par exemple, il existe plus de 3 500 établissements domiciliés dans un immeuble de l'avenue Georges V dans le 8ème arrondissement. La recherche que nous avons réalisée consiste à utiliser des photographies satellites et des photographies de rues.²⁶

Une vérification systématique par nos soins a été réalisée pour toutes les adresses contenant plus de 15 entreprises domiciliées (soit plus de 2 100 adresses en Ile-de-France). Le repérage d'une enseigne de domiciliation d'entreprise (voir Figure 2.2.2) ou d'une agence immobilière entraîne la suppression des établissements domiciliés à cette adresse. Le repérage de nombreuses domiciliations dans des immeubles Haussmanniens (comme dans l'avenue Georges V) également.

²⁶ Les photos satellites sont issues de Google Maps, celles de rues de Google StreetView.

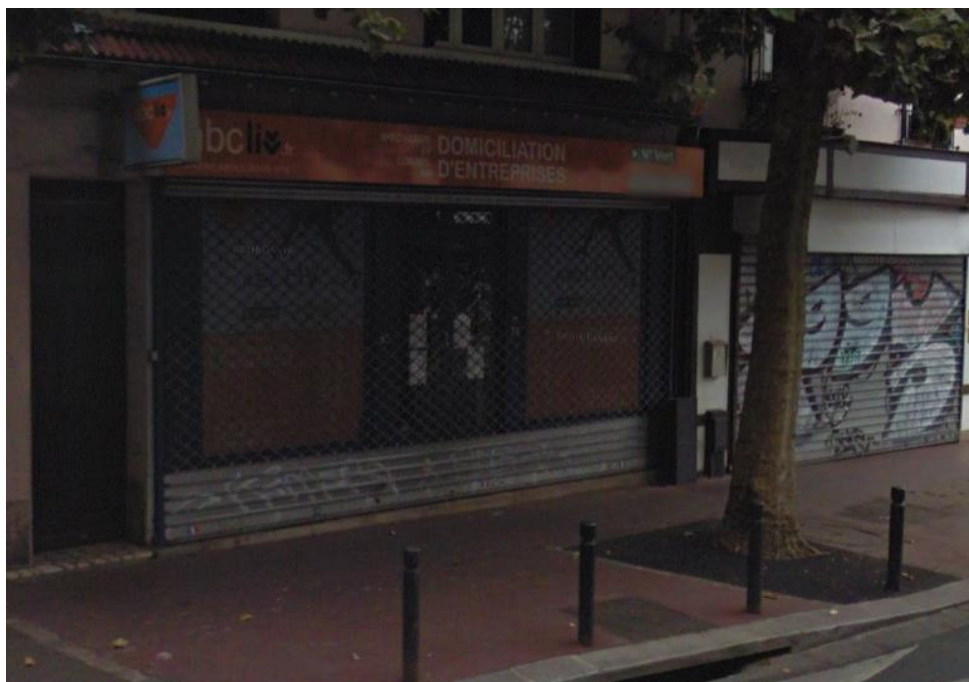


Figure 2.2.2 – Une agence de domiciliation d’entreprises à Montreuil-sous-Bois
(Source : Google StreetView)

Dans le doute, les établissements des galeries marchandes, centres commerciaux, ou grands immeubles de bureau n’ont pas été supprimés, puisqu’il est impossible de repérer les individus en trop par l’observation visuelle. Cette méthode n’est qu’une estimation : des établissements qui n’existent pas au sens fonctionnel sont probablement toujours présents dans notre base. Mais ce nettoyage permet tout de même de se rapprocher de la réalité en enlevant la majorité des établissements possédant une domiciliation sans activité physique en Ile-de-France (voir Tableau 2.2.2).

Départements	Nombre d’établissements <i>post</i> contrôle des codes juridiques	Adresses contrôlées	Nombre d’établissements <i>post</i> contrôle des adresses
Paris (75)	355 722	835	296 307
Hauts de Seine (92)	124 023	362	110 572
Seine Saint Denis (93)	99 254	295	90 296
Val de Marne (94)	81 878	142	78 854
Seine et Marne (77)	84 123	103	82 231
Yvelines (78)	88 248	137	84 852
Essonne (91)	73 210	148	69 796
Val d’Oise (95)	68 749	131	65 326
Ile de France	975 207	2 153	878 232

Tableau 2.2.2 – Nombre d’établissements avant et après le contrôle des adresses contenant plus de 15 établissements (source : Altarès)

La question de la domiciliation d'entreprise, généralement pour profiter des adresses prestigieuses du centre-ville, n'est pas le seul problème. Certaines entreprises ont également plusieurs établissements administratifs domiciliés à la même adresse, alors qu'il ne s'agit que d'un seul et même établissement avec les mêmes locaux. Le problème a été traité par la suppression systématique des établissements avec le même code SIREN (le code l'entreprise) lorsqu'elles sont à la même adresse contenant plus de quinze établissements, comme le fait d'ailleurs le logiciel Freturb.

Finalement, un nombre relativement restreint d'établissements n'a pas pu être géo-référencé à la commune par ArcGis, le SIG (Système d'Information Géographique) que nous avons utilisé pour le géocodage, à cause d'adresses mal renseignées. Ces établissements ont donc été supprimés. Le résultat final du traitement est relativement satisfaisant puisqu'il correspond à la fois relativement bien aux résultats du LAET et aux chiffres de l'emploi donnés par le Recensement Général de la Population de l'INSEE pour 2011 (voir Tableau 2.2.3).

Départements	Nombre d'établissements final	Emplois INSEE (2011)	Emplois calculés d'après Altarès (2013)
Paris (75)	296 307	1 803 535	1 755 781 (-2,7%)
Hauts de Seine (92)	110 570	951 453	998 687 (+5%)
Seine Saint Denis (93)	90 296	546 032	596 717 (+9,3%)
Val de Marne (94)	78 854	514 308	531 630 (+3,4%)
Seine et Marne (77)	82 231	442 376	446 230 (+0,9%)
Yvelines (78)	84 852	532 663	549 550 (+3,2%)
Essonne (91)	69 796	434 341	415 925 (-4,2%)
Val d'Oise (95)	65 326	428 516	416 737 (-2,8%)
Ile de France	878 232	5 660 224	5 711 257²⁷ (+0,9%)

Tableau 2.2.3 – Nombre final d'établissements (source : Altarès)

Le dernier problème lié à l'utilisation de la base Altarès est que le code NAF enregistré par l'établissement à la création ne correspond pas nécessairement à son activité réelle. Ainsi, il existe beaucoup de sièges d'entreprises qui sont, pour notre modèle de génération, du tertiaire de bureau, alors qu'ils renseignent le code NAF de leur activité principale, qui peut être du commerce de gros, de l'industrie ou de la logistique par exemple.

²⁷ Le fichier SIRENE du LAET, une fois apuré, regroupe 5 753 281 emplois salariés en Ile-de-France, soit une différence de +1,6% par rapport au chiffre de l'INSEE

On appliquerait donc des coefficients de génération trop élevés à certains immeubles de bureau. La solution est ici double. En ce qui concerne le commerce de gros, l'industrie et l'agriculture, une méthodologie du LAET développée dans le cadre de l'utilisation de FRETURB a été utilisée (Gérardin, et al., 2000). Les établissements localisés à Paris, dont l'effectif est supérieur à 9, et qui font partie d'une entreprise possédant plus d'un établissement, sont considérés comme étant des établissements tertiaires.

En ce qui concerne les établissements de transport et de logistique, un travail de repérage détaillé spécifique a été réalisé dans le cadre d'une étude sur la localisation des activités logistiques en Ile-de-France (Heitz & Beziat, 2015) : ce travail a permis de repérer plus précisément ces activités fortement génératrices de mouvements, ce qui nous paraissait nécessaire pour ne pas surestimer les flux dans certaines zones.

Bien sûr, toutes ces modifications de la base de données Altarès ne permettent pas d'obtenir le nombre tout à fait exact d'établissements existant et ayant une activité physique Ile-de-France. De la même manière, il n'est pas sûr que le type d'activité renseigné soit correct pour tous les établissements. Les modifications que nous avons réalisées permettent tout de même de limiter les erreurs du fichier SIRENE et d'obtenir une estimation plus correcte du nombre d'établissements et de leur activité en Ile-de-France.

2.2.4 La démarche TMV-Freturb : approche critique

La démarche TMV-Freturb est une approche pratique et pragmatique pour comprendre les déterminants et les formes de mobilité des marchandises en milieu urbain. Avec un volume de données d'input relativement minimal et peu détaillé (un fichier d'établissements et un fichier de zones), elle permet de produire un diagnostic de la situation d'une agglomération.

C'est la seule démarche qui permette de s'intéresser vraiment au contexte urbain. Aucune autre enquête en France (ou en Europe) ne permet d'avoir une vision de la logistique de tous les établissements urbains. Aucune autre enquête ne prend en compte par ailleurs les caractéristiques bien spécifiques des déplacements en tournées des marchandises en milieu urbain. Nous souhaitons malgré tout avoir un regard critique sur cette démarche. Certaines sont d'ordre méthodologique. D'autres concernent plutôt la nature même du processus de modélisation et de la démarche empirique.

Notre première réserve concerne la fiabilité des données d'input. L'enquête TMV est, on l'a vu, relativement difficile à administrer, même ailleurs qu'en Ile-de-France, et on peut émettre quelques réserves quant aux résultats obtenus par le biais d'enquêtes dont une partie est auto-administrée, malgré les efforts de vérification et de contrôle mis en place. Toute la démarche est ensuite très dépendante du fichier SIRENE, qui est relativement peu fiable, même en cas de mises en place de procédures permettant de limiter ce défaut.

Certaines critiques sont plus fondamentales et concernent le rapport entre les résultats de la modélisation et notre connaissance du système logistique réel. D'abord, Freturb fonctionne en « vase clos », c'est-à-dire qu'il n'envisage pas les relations entre l'aire urbaine considérée et le monde extérieur. L'approche par le mouvement depuis ou vers un établissement économique est aussi la cause de la présence d'un angle mort important de l'enquête : les livraisons ou enlèvements à domicile qui ne sont pas pris en compte, puisque les ménages ne sont pas des établissements économiques. Cet angle mort est d'autant plus problématique que le e-commerce est de plus en plus important.

Cela dit, cette absence est en cours de correction, puisque les chercheurs du LAET ont lancé récemment des enquêtes sur le volume et les caractéristiques des livraisons à domicile (Gardrat, et al., 2016b). L'enquête sur Lyon a estimé que les livraisons à domicile représentaient environ un cinquième des mouvements, en prenant en compte les mouvements inter-établissements.

Ensuite, Freturb repose sur des observations empiriques à un moment donné de la situation du fret. Pour cette raison, il a souvent été dit que s'il s'agit d'un excellent outil de diagnostic, il est bien plus difficile à utiliser pour réaliser des évaluations *ex-ante* d'une politique publique ou de changements du système économique (Boerkamps & van Binsbergen, 1999; Gonzalez-Feliu & Routhier, 2012; Combes, 2009). Le système est calibré à partir d'une situation donnée. Il ne prend pas en compte la manière dont les établissements économiques et les activités des transporteurs peuvent évoluer en fonction des conditions macro du système.

Nous souscrivons dans une certaine mesure à cette critique, mais elle n'est pas totalement justifiée. Avec une bonne connaissance de la méthodologie du modèle et quelques hypothèses sur la manière dont les conditions macro font évoluer le système, la démarche peut être utilisée pour réaliser des évaluations *ex-ante* (Battaïa, et al., 2016).

A un niveau plus fondamental, nous souhaitons attirer l'attention sur le fait que la démarche TMV-Freturb est avant tout pratique, au sens littéral du dictionnaire, « *qui vise directement à*

l'action concrète, par opposition à théorique ». L'enquête et son extension Freturb s'intéressent moins directement au fonctionnement interne de l'offre de transport qu'à la mise en lumière de « faits stylisés », c'est-à-dire de grandes tendances statistiques permettant de reconstituer le fonctionnement du transport de marchandises en ville à partir de la demande. Pour expliquer cela plus concrètement, prenons l'unité élémentaire de l'enquête : le nombre de mouvements.

La démarche TMV-Freturb nous dit que le nombre de mouvements est fonction du type d'activité, du nombre d'employés et du type de local de l'établissement. Or, il s'agit d'une construction statistique. Ces caractéristiques ne sont que des variables « proxy », c'est-à-dire des variables qui ne sont pas significatives en elles-mêmes mais servent en lieu et place d'une variable non observable ou non mesurable. L'usage de ces variables proxys est inévitable en statistique. Cela dit, il nous semble important de rappeler qu'il s'agit de variables proxys, et de rappeler les réalités qu'elles recouvrent.

En réalité, le besoin de livraisons d'un établissement (et donc la fréquence des mouvements) va dépendre d'un ensemble très complexe, et presque impossible à appréhender dans son intégralité, de besoins d'approvisionnement en marchandises (en fonction de la consommation sur place et des capacités de stockage) et de capacité à se faire livrer plus ou moins rapidement et fréquemment (le prix de la livraison n'étant pas le même en fonction de l'urgence). On retrouve donc une notion d'arbitrage comparable à celle qu'on évoquait pour le transport de passagers.

Certaines recherches tentent de formaliser cet arbitrage et d'intégrer ces différentes contraintes (Combes, 2009; Holguín-Veras, et al., 2016). Les opérations de transport dépendent des choix des chargeurs d'une part (en fonction de leur logistique interne), le but des chargeurs étant de pouvoir proposer leurs produits à leurs clients aux meilleurs prix (incluant la prestation de transport), au niveau d'effort exigé par le client (heure, distance à parcourir) et de manière fiable et régulière.

D'autre part, les caractéristiques opérationnelles du transport sont soumises aux choix des transporteurs qui dépendent eux-mêmes à la fois de leur logistique interne (ressources en installations fixes, véhicules, main d'œuvre, mais aussi contraintes diverses de coûts et de temps), des exigences des chargeurs et des possibilités qu'offrent les infrastructures de transport qu'ils empruntent (voir Figure 2.2.3). En fonction de ces choix, les envois de marchandises sont réalisés avec certaines caractéristiques (Combes, 2009).

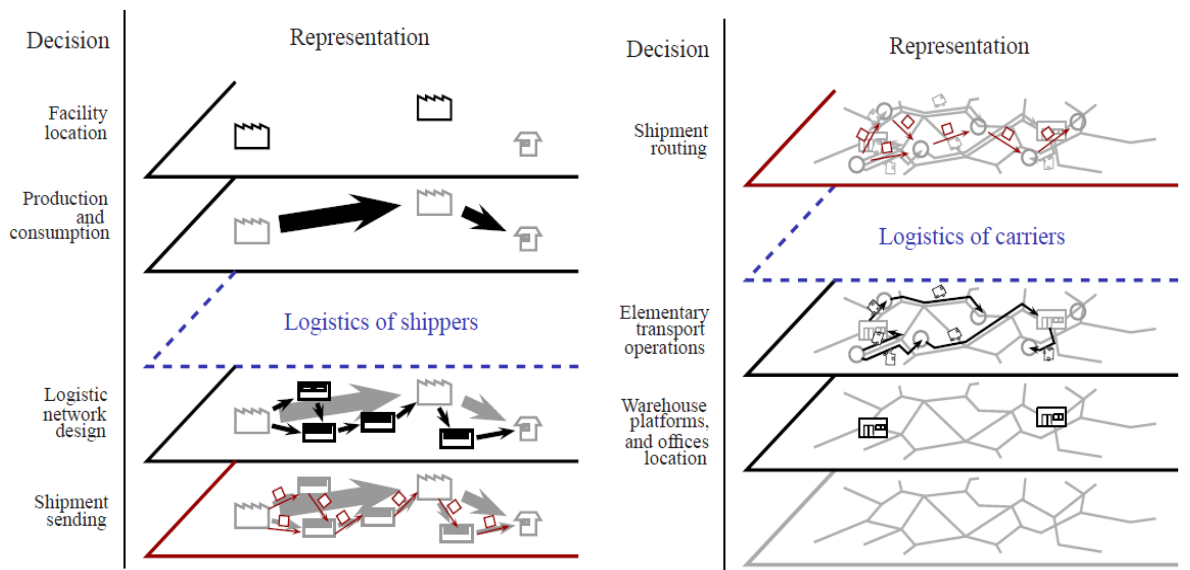


Figure 2.2.3 – Représentation systémique de l'offre (gauche) et de la demande (droite) en transport (Combes, 2009)

Notons que cette qualification de variables « proxy » fonctionne également pour les variables spatiales utilisées par la démarche TMV-Freturb. Par exemple, la densité d'activité d'une zone influe sur le mode de stationnement d'un chauffeur-livreur. Bien sûr, la densité n'a pas de réalité tangible influençant l'activité des gens : il s'agit d'une mesure statistique. La densité mesure le potentiel d'interactions, de gênes et d'encombrement (on peut déjà presque parler de congestion) né de la rencontre de différentes formes activités humaines d'un espace. Ces interactions, difficiles à mesurer et à quantifier à un niveau macro, peuvent effectivement influencer le comportement des chauffeurs-livreurs.

Si cette vision du fonctionnement du transport et de la logistique est indubitablement plus fidèle à la réalité, il est assez difficile d'envisager de la formaliser intégralement dans un modèle global de logistique urbaine et de vouloir l'étudier empiriquement de manière quantitative. Le besoin en données pour analyser l'ensemble de ces décisions serait en effet énorme.

Dans son ouvrage *Philosophies des Mathématiques et de la Modélisation* (1999), Nicolas Bouleau prend un exemple en comparant les différents modèles de trafic automobile existant : « on peut schématiquement les placer selon une hiérarchie suivant l'échelle à laquelle ils opèrent. Disposés en poupées russes, les modèles les plus fins devraient en toute rationalité constituer une « réalité » microscopique que les modèles plus grossiers représentent de manière simplifiée. [...] Les modèles les plus grossiers sont simples à valider alors que les modèles fins nécessitent tant de mesures pour préciser les fonctions inconnues qu'en pratique

leur validation est très mauvaise. Or leur logique déductive et les phénomènes qu'ils font apparaître sont très dépendants de ces choix. Ainsi, le modèle le plus utile, dans des circonstances opérationnelles concrètes, sera un modèle intermédiaire ».

Pour le dire autrement, les modèles les plus grossiers, c'est-à-dire mettant en relation des variables à une échelle macro, introduisent des erreurs dans la représentation de la réalité à cause des variables choisies, mais la relation entre ces variables est relativement aisée à calibrer (Figure 2.2.4). Au contraire les modèles plus complexes représentent la réalité beaucoup plus finement et les variables choisies sont plus pertinentes. Mais il n'est pas forcément aussi facile de calibrer les relations entre ces variables sans avoir des besoins conséquents en données.

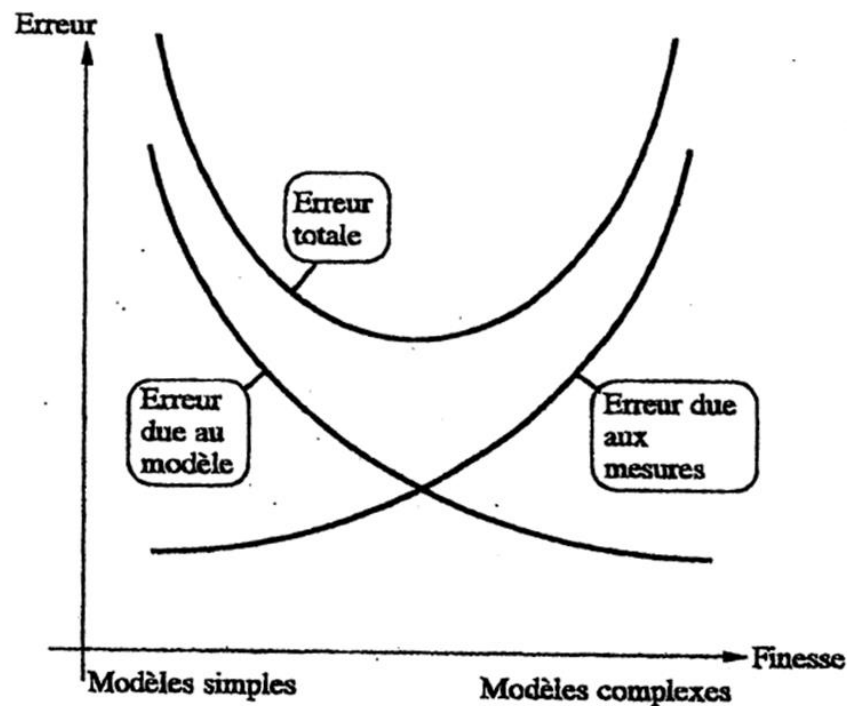


Figure 2.2.4 – Modèles simples, modèles complexes, et risques d'erreurs
(Bouleau, 1999)

Dès lors, où placer le curseur ? La réponse à cette question dépend du contexte opérationnel de la démarche. Alain Bonnafous, dans l'un des articles fondateurs de la démarche TMV-Freturb, problématise la question de la production d'informations statistiques et de modélisations en présentant les « conditions de l'opérationnalité » de l'étude du lien entre la situation considérée et les données ainsi produites (Bonnafous, 2000). Il faut en effet que cette production :

- Respecte un principe de cohérence interne méthodologique propre à toute démarche de collecte de données et / ou processus de modélisation, mais aussi une cohérence « externe » liée à la situation de ce que l'on souhaite mesurer.

- Exige une pertinence des choix méthodologiques, eu égard aux objectifs de la modélisation, permettant que la donnée produite soit aussi conforme que possible, pour une représentation simplifiée, à l'état des choses.
- Réponde à un impératif de mesurabilité, c'est-à-dire qu'il faut être capable, dans des circonstances opérationnelles données, de mesurer (par la collecte et / ou la modélisation) le phénomène que l'on souhaite estimer.

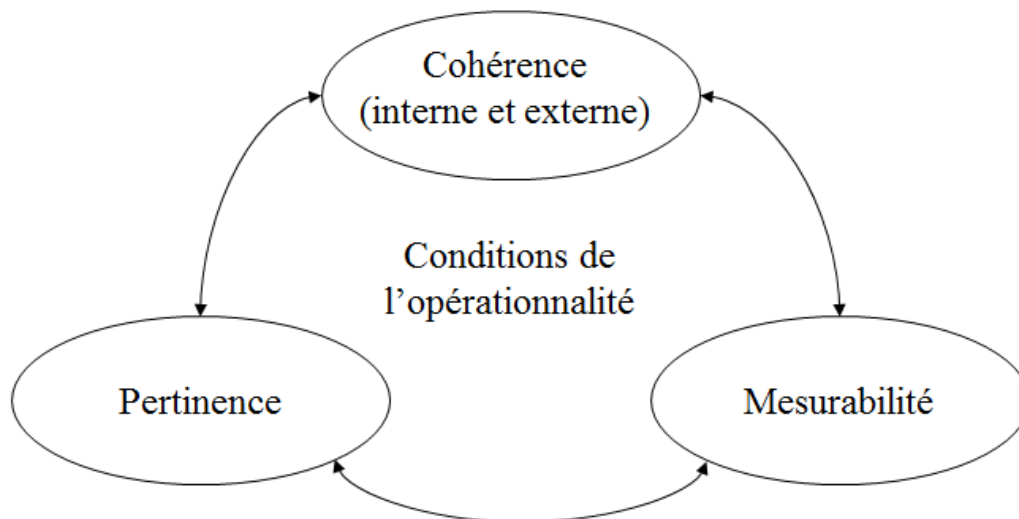


Figure 2.2.5 – Les conditions de l'opérationnalité du lien entre situation considérée et données produites : cohérence, pertinence, mesurabilité (Bonnafous, 2000)

Les trois conditions (Figure 2.2.5) se rapportent par ailleurs à des relations de substitution. En souhaitant améliorer la pertinence d'une enquête ou d'une modélisation (par exemple en rentrant dans le détail des processus de commandes d'un chargeur ou des moyens d'un transporteur), on risque de se confronter à des problèmes importants de mesurabilité. On peut aussi se heurter à des problèmes de cohérence interne au fur et à mesure que les phénomènes étudiés sont désagrégés et que les relations entre les éléments sont plus difficiles à formaliser théoriquement (Bonnafous, 2000).

Or, pour en revenir à la modélisation des pratiques de mobilité du TMV, et étant donnée la difficulté pour obtenir ne serait-ce que des données relativement simples (comme l'atteste la réalisation difficile de l'enquête TMV-IDF) la démarche de modélisation TMV-Freturb est un juste milieu pertinent pour modéliser l'occupation de la voirie par les véhicules de livraisons à l'échelle d'une agglomération.

D'où la nécessité, dans un contexte opérationnel donné, d'avoir recours à des variables « *proxy* » comme le fait la démarche TMV-Freturb, pour mesurer des phénomènes aux déterminants complexes comme l'occupation de la voirie par les véhicules de livraisons. Notre propos est pourtant de rappeler que si ces proxys sont pertinents dans le cadre d'un travail de modélisation à visée opérationnelle, il n'en reste pas moins qu'il s'agit de substituts, et que derrière se cachent des phénomènes plus complexes. Ces phénomènes doivent être gardés à l'esprit tout au long du processus de modélisation, même s'ils ne sont pas eux-mêmes directement quantifiables ou mesurables.

Conclusion

Ce chapitre 2 permet d'abord de poser les bases du travail de modélisation dont nous décrivons les résultats en détail dans le chapitre 3 puis plus loin dans cette thèse. Il permet de faire un tour d'horizon des indicateurs statistiques permettant de mesurer et caractériser les déplacements urbains de marchandises, indicateurs qui se sont développés bien plus récemment que ceux pour le transport de passagers.

Pour des raisons principalement méthodologiques, la principale source de données quantitatives pour les espaces urbains en France est l'enquête TMV. Cette enquête s'inscrit dans un processus de modélisation plus large permettant, à moindre frais, de réaliser des diagnostics des mouvements de marchandises dans une agglomération.

Ces méthodes de modélisation sont aujourd'hui relativement développées dans le monde, et la plupart reposent au moins à la base sur des modèles de génération comme celui qui est développé par la démarche TMV-Freturb. Ces démarches sont nécessaires pour produire de l'information et nourrir la réflexion sur un volet des déplacements urbains qui est encore trop souvent ignoré par la puissance publique.

Cela dit, au-delà de l'aide à la décision, nous nous devons de garder un regard critique sur ces méthodes de modélisation, et notamment rappeler qu'elles reposent sur des variables censées quantifier et mesurer des phénomènes presque impossibles à observer et à mesurer. Il faut donc adapter sa démarche en fonction du niveau de finesse de ce que l'on souhaite représenter, comme nous l'explorerons dans la partie 2 de cette thèse, au travers de notre analyse des conditions de circulation et de stationnement des chauffeurs-livreurs.

Bibliographie du chapitre 2

- Battaia, G., Gardrat, M., Toilier, F., Le Van, E., Gérardin, B., Routhier, J.-L., Sérouge, M. & Zuccarello, P. 2016. Simulating Logistic Innovation in a Growing Urban Environment. *Transportation Research Procedia : Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 489-499.
- Boerkamps, J. & van Binsbergen, A., 1999. *GoodTrip - A New Approach for Modelling and Evaluation of Urban Goods Distribution*. Cairns, Australia, 1st Conference on City Logistics.
- Bonnafous, A., 2000. Les marchandises en Ville, le problème méthodologique de l'appréhension statistique. Dans: *Treizièmes entretiens Jacques Cartier, L'intégration des marchandises dans le système de déplacements urbains*. Montréal, Canada: Etudes et Recherches, pp. 85-92.
- Bonnafous, A., Patier, D., Routhier, J.-L., Toilier, F. & Sérouge, M., 2016. French surveys of the delivery approach: From cross-section to diachronic analyses. *Transportation Research Procedia : The 9th International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 181-192.
- Bouleau, N., 1999. *Philosophies des Mathématiques et de la Modélisation - Du Chercheur à l'Ingénieur*. Paris: L'Harmattan.
- CERTU, 2013. *Les enquêtes déplacements "Standard CERTU": EMD, EDVM, EDGT*, Paris: Rapport du CERTU.
- Combes, F., 2009. *The choice of shipment size in freight transport*. Paris: Thèse de doctorat : Université Paris XII Marne-le-Vallée.
- Dablanc, L. & Routhier, J.-L., 2009. La partie urbaine de la chaîne de transport: premiers enseignements tirés de l'enquête ECHO. Dans: *Apports des Enquêtes Chargeurs*. Noisy-le-Grand: Les Collections de l'INRETS, pp. 161-169.
- Gardrat, M., 2015. *The New Paris Urban Freight Survey - Method, main results and potential use for urban freight research elsewhere*. Long Beach, USA, 6th Metrans International Urban Freight Conference, Keynote Speech.
- Gardrat, M., Toilier, F., Patier, D. & Routhier, J.-L., 2016b. *The impact of new practices for supplying households on urban goods movements: method and first results*. Göteborg, Suède, VREF Urban Freight Platform Conference.
- Gérardin, B., Patier, D., Routhier, J.-L. & Segalou, E., 2000. *Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération*, Paris: Rapport MELT-DRAST - Programme Marchandises en Ville : document technique n°1.
- Gonzalez-Feliu, J. & Routhier, J.-L., 2012. Modeling urban goods movements: how to be oriented with so many approach?. *Procedia - Social and Behavioral Science*, Volume 39, p. 11.
- Heitz, A. & Beziat, A., 2015. The Parcel Industry in the Spatial Organization of Logistics Activities in the Paris Region: Inherited Spatial Patterns and Innovations in Urban Logistics Systems. *Transport Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 812-824.
- Holguín-Veras, J., Lawson, C., Wang, C., Jaller, M., Gonzalez-Calderon, C., Campbell, S., Kalahashti, L. & Woktowitz, J., 2016. *Using Commodity Flow Survey Microdata and Other Establishment Data to Estimate the Generation of Freight, Freight Trips, and Service Trips: Guidebook*, Washington, D.C., USA: Pre-publication draft of NCFRP Research Report 37.
- INSEE, 2011. *Comprendre SIRENE*, Paris: INSEE - Bases de Données.
- Ogden, K. W., 1977. Modelling urban freight generation. *Traffic Engineering and Control*, Volume 18, pp. 106-109.
- Patier, D., Cholez, C., Routhier, J.-L. & Ambrosini, C., 2004. *Methodologie des enquêtes tournées dans les agglomérations urbaines*, Lyon: Rapport pour la DRAST - Volume 1.
- Patier, D. & Routhier, J.-L., 2009a. Une méthode d'enquête du transport de marchandises en ville pour un diagnostic en politiques urbaines. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 55, pp. 11-38.
- Patier, D. & Routhier, J.-L., 2009b. How to improve the capture of urban goods movements data. Dans: *Transport Survey Methods - Keeping up with a Changing World*. Bingley, USA: Emerald, pp. 251-287.
- Patier, D., Routhier, J.-L. & Ambrosini, C., 2000. *Transport de marchandises en ville: Enquêtes quantitatives réalisées à Dijon et Marseille*, Lyon: Rapport final MELT-DRAST.
- Patier, D., Routhier, J.-L., Ambrosini, C., Durand, S., Bossin, P., Gelas, P. & Le Nir, M., 1997. *Transport de marchandises en ville: Enquête quantitative réalisée à Bordeaux*, Lyon: Rapport Final MELT-DRAST.
- Région Ile-de-France, 2014a. *Enquête Transport de Marchandises en Ville - Méthodologie et Premiers Résultats*, Paris: Brochure de la Région Ile-de-France.
- Région Ile-de-France, 2014a. *Enquête Transport de Marchandises en Ville - Méthodologie et Premiers Résultats*, Paris: Rapport du LAET pour la Région Ile-de-France.
- Région Ile-de-France, 2014b. *ETMV IDF - Présentation des résultats préliminaires*, Paris: Comité de pilotage du 14 mai 2014.

Routhier, J.-L., Segalou, E. & Durand, S., 2002b. *Mesurer l'impact du transport de marchandises en ville : Le modèle de simulation Freturb V1*, Paris: Rapport DRAST.

Routhier, J.-L. & Toilier, F., 2007. *Freturb v3, a policy oriented software of modeling urban goods movements*. Berkeley, USA, 11th World Conference on Transport Research.

Toilier, F., Alligier, L., Patier, D. & Routhier, J.-L., 2005. *Vers un modèle global de la simulation de la logistique urbaine : FRETURB, version 2*, Paris: Rapport Final MELT-DRAST.

Toilier, F., Sérrouge, M., Routhier, J.-L., Patier, D. & Gardrat, M., 2016. How can urban goods movements be surveyed in a megacity ? The case of the Paris Region. *Transportation Research Procedia : Tenth International Conference on City Logistics, Tenerife, Spain*, Volume 12, pp. 570-583.

Chapitre III – Cartographier la géographie des flux de marchandises : analyse de la demande de TMV

Introduction

La méthodologie décrite dans le chapitre 2 nous permet d'estimer le nombre d'établissements économiques d'un territoire, localisés à l'adresse, ce qui permet des études très fines de la géographie de l'activité francilienne et du TMV. Paradoxalement, il existe très peu de travaux scientifiques sur les résultats des modèles de génération. La grande majorité de la littérature existante se concentre sur la construction et l'amélioration des modèles existants.

En revanche, il y a un manque important en ce qui concerne l'analyse spatialisée de ces résultats. Dans ce chapitre 3, nous proposons d'étudier les résultats de modèles construits dans le cadre de cette thèse spécifiquement pour la région Ile-de-France. Notre méthode s'inspire fortement de la méthode Freturb, tout en se concentrant sur l'exploitation des résultats de l'enquête TMV-IDF uniquement.

Ce travail de modélisation a été réalisé dans deux contextes : dans un cadre scientifique de collaboration avec les chercheurs du LAET d'une part ; d'autre part, dans un cadre plus opérationnel avec un travail réalisé à l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU-IDF), un jour par semaine pendant les deux premières années de thèse (dans le cadre d'une convention IFSTTAR / IAU-IDF), encadré par Lydia Mykolenko, spécialiste des questions marchandises au Département Mobilité et Transport. Ce travail à l'IAU a donné lieu à la construction d'un outil de diagnostic de la mobilité des marchandises en IDF.²⁸

Tout au long du développement de cette modélisation, notre objectif a été de trouver un juste milieu entre la sophistication des modèles nécessaires pour obtenir des résultats réalistes, et les possibilités qu'offrait l'enquête TMV-IDF, avec un échantillon d'établissements moins nombreux que celui sur lequel s'appuie par exemple Freturb.

²⁸ Profilog : pour plus d'informations, voir : http://carto.iau-idf.fr/cartoviz/?id_appli=mouvements).

Dans une première section, nous décrivons les données utilisées en distinguant les grands types d'activités d'une métropole de niveau mondial comme la région parisienne. Dans la seconde section, nous exposons la méthodologie qui nous sert à modéliser à la fois le nombre de mouvements des établissements et les impacts qu'ils peuvent provoquer sur leur environnement urbain. Dans une troisième section nous décrivons les résultats de cette modélisation de manière globale, par type d'activité et ensuite de manière spatialisée. En cartographiant la génération des mouvements, nous étudions la localisation de la génération des opérations de livraisons et d'enlèvement et l'effet potentiel de cette localisation sur les impacts des mouvements de marchandises.

3.1 Structure économique métropolitaine : analyse détaillée des grands types d'activité en Ile-de-France

Les chercheurs du LAET et du programme de recherche TMV propose depuis les années 1990 plusieurs classifications des activités. Les établissements enquêtés sont « stratifiés » en grands groupes d'activité :

- Jusqu'à 115 groupes dans Freturb (ST115) : il s'agit d'une division du ST45 (voir ci-dessous) qui prend en compte des classes d'effectifs des établissements, celles-ci étant différentes selon le type d'activité.
- En 45 groupes (ST45) : cette stratification est plus opérationnelle puisque qu'elle sert à l'échantillonnage et au tirage des établissements, ainsi qu'au redressement des résultats.
- En 8 groupes (ST8) : cette dernière stratification est généralement utilisée pour présenter les résultats de manière simplifiée (une présentation de 45 ou 115 classes d'activités ne permettrait pas une présentation synthétique des résultats).

Toutes les activités ne génèrent pas la même demande de marchandises. Nous présentons en détail, dans cette section, les huit grands types d'activité présents en Ile-de-France, qui résultent d'un regroupement du ST45. Le ST45 est une stratification opérationnelle d'activités possédant des caractéristiques logistiques similaires. Dans notre expérience²⁹, la stratification des activités en huit classes est souvent mal comprise par les destinataires et les utilisateurs de l'enquête TMV. Alors qu'elle est surtout utilisée pour permettre de présenter les résultats de manière

²⁹ Comme déjà mentionné plus haut, ce travail de thèse a été l'occasion d'un travail régulier à l'IAU-IDF. De plus, nous avons pu participer à plusieurs réunions et conférences de pilotage et de présentation des résultats de l'enquête TMV-IDF, dans divers contextes.

synthétique, elle est souvent interprétée comme une catégorisation opérationnelle des établissements.

Certes, elle présente les différents types d'activités d'une aire urbaine en les classifiant au sein de groupes d'activités aux comportements logistiques grossièrement similaires en termes de volume de mouvements, de fréquence et d'impacts. Les strates ainsi définies correspondent surtout à des archétypes abstraits qui évoquent des familles d'activité facilement mobilisables par les utilisateurs.

Il n'en reste pas moins que des écarts importants au niveau des caractéristiques logistiques des activités de la ST8 peuvent être observés. Prenons un exemple simple concernant le nombre de mouvements générés par emploi : la strate 6 « petits commerces » regroupe les épiceries (strate 16 dans le ST45), qui génèrent en moyenne 2,5 mouvements hebdomadaires par emplois, soit trois fois moins que les librairies (strate 22), également dans la strate 6. Il y a donc une variance intra-classe importante au sein des strates en huit classes, ce qui est logique pour une stratification qui, par sa nature, simplifie les choses pour la présentation.

Rentrer dans le détail peut s'avérer intéressant. En effet, la ST45 (qui est une décomposition de la ST8), est adéquate d'un point de vue opérationnel, mais n'est pas très efficace pour la présentation de résultats, ne serait-ce que parce que certains des intitulés des strates restent assez génériques. Si on voit bien la réalité que recouvrent les strates « Supermarchés » (strate 11) ou « Pharmacies » (strate 21), il est plus difficile de comprendre instantanément ce que contiennent les strates « Tertiaire autre (services flux élevés) » (strate 26Ha) ou « Artisans (Réparations) » (strate 2-2).

Il nous paraît donc nécessaire, dans cette section, de décrire le détail les grands types d'activités en huit classes afin de présenter (dans la section 3.3.1, voir Figure 3.3.1 en particulier) de manière plus synthétique le rapport entre la structure économique d'une métropole de niveau mondiale comme la région Ile-de-France et la génération des marchandises et son impact sur l'environnement urbain. Les codes en italique dans la description ci-dessous correspondent à différents niveaux des codes de la Nomenclature d'Activité Française (NAF) définie par l'INSEE.

- ➔ La ST1, la strate agricole, est majoritairement composée d'établissements agricoles à proprement parler, c'est-à-dire la catégorie A de l'INSEE (Agriculture, Sylviculture, et Pêche). Les catégories les plus représentées sont la culture de céréale (*01.11z*), l'élevage

d'animaux domestiques ou semi-domestiques (01.49z) et le soutien à l'exploitation forestière (02.40z), qui à eux-trois représentent 32% des effectifs de la strate. En tout, la catégorie agricole ne représente que la moitié des effectifs de la strate, ce qui s'explique par la très faible importance de l'activité agricole dans une région métropolitaine urbanisée comme l'Ile-de-France. La ST1 contient aussi les services d'aménagement paysagers (81.30z) qui font partie de la catégorie des services administratifs et de soutien selon l'INSEE, et qui constituent l'autre moitié des emplois de la strate.

➔ La ST2, qui contient les services, est peut-être la strate la plus hétérogène des huit. En conséquence, elle est la plus complexe à décrire. Pour le dire simplement, elle regroupe les activités de services qui nécessitent plus de marchandises pour fonctionner que les simples bureaux. On peut les regrouper en plusieurs sous-catégories :

- Les services publics, environ 22% des effectifs du ST2 : le maintien de l'ordre (84.24z, police et 84.25z, pompiers, 5%), l'enseignement primaire et secondaire (85, 12%), les activités sportives et récréatives (91, 92 et 93, 4,5%) et le traitement des déchets (38 et 39, 0,5%).
- Les activités hospitalières, médicales et assimilées, environ 12,5% des effectifs de la strate : les hôpitaux, médecins et vétérinaires (75 et 86, 2%), les activités de recherche (74, 1%), l'hébergement médico-social (87 et 88.1, 9%).
- Les services aux entreprises, environ 21% des effectifs de la strate : ingénierie et études techniques (71.12b, 6%), publicité et marketing (73, 5%), soutien administratif aux entreprises (82, 10%).
- Les services à la personne, environ 9% des effectifs de la strate : soins personnels (96, 5%), la location d'outils et d'équipements (77, 2%) et les agences de voyage (79, 2%).
- Les services de réparation et d'entretien, environ 16% des effectifs de la strate : les finitions et installations dans les bâtiments (33.1, 33.2, 43.2, 43.3, 3,5%), l'entretien et le nettoyage des bâtiments (81, 9%), les réparations et entretiens de véhicules (45.2, 46.1, 3,5%).
- La production et diffusion de contenu multimédia, environ 16% des effectifs de la strate : édition (58, 2%), radio, télévision et cinéma (59, 60, 61, 63, 8%), programmation et réparation informatique (62 et 95, 4%) et les activités créatives et culturelles (90, 2%).

- ➔ La ST3, qui correspond à l'industrie, contient majoritairement des établissements de la catégorie C de l'INSEE, c'est-à-dire l'industrie manufacturière, qui correspond à pratiquement la moitié des effectifs du ST3. Les catégories les plus représentées sont les produits manufacturés de produits de consommation peu pondéreux, c'est-à-dire le textile, l'habillement ou les activités d'impression (13 à 18, 31, 32, 58, 14%) ; l'industrie lourde, c'est-à-dire l'industrie chimique et pétrochimique, la métallurgie, la production de minerais (19 à 25, 13%) ; l'industrie alimentaire (10, 11, 12, 56, 9%) ; et l'industrie de fabrication de produits spécialisés à plus ou moins haute valeur ajoutée, c'est-à-dire les produits électriques, électroniques, informatiques et les engins de transport (26 à 30, 33, 23%). La catégorie F, c'est-à-dire l'industrie de la construction, est également très représentée, avec 41% de l'effectif.

- ➔ La ST4 qui regroupe les commerces de gros est très homogène, puisqu'elle ne contient que des grossistes (catégorie 46 de l'INSEE). Les catégories les plus représentées sont, dans l'ordre : les grossistes de biens domestiques (46.4, 46.19a, 46.76z, 37%), de matières premières et biens industriels (46.12a, 46.2, 46.6, 46.71z, 46.72z, 46.73a, 46.74, 46.75z, 46.77z, 34%), de produits spécialisés et high-tech (46.5, 46.73b, 14%), et alimentaires (46.3, 15%).

- ➔ La ST5, qui correspond à la grande distribution, est aussi extrêmement homogène. Elle contient, à parts presque égales, des supermarchés (47.11c, 47.11d, 47.19b, 40%) et des hypermarchés (47.11f, 30%), le reste étant constitué de grands magasins spécialisés dans divers domaines (47.2 à 47.7, 32%), les plus représentés étant les quincailleries, les commerces de meubles et les commerces d'articles de sport.

- ➔ La ST6 correspond aux petits commerces de détail. Cette catégorie est majoritairement constituée de commerce (codes 45 ou 47), mais comprend aussi certains artisans, notamment les charcutiers (10.13b), boulangers ou pâtisseries (10.71c, 10.71d), et la grande catégorie des Hôtels-Cafés-Restaurants (HCR), qui a un comportement logistique plus proche de celui d'un petit commerce (livraisons très fréquentes de petite taille) que des autres activités de services à la personne. Les HCR représentent environ 31% des effectifs, dont 14% pour la restauration traditionnelle, environ 12% pour les autres types de restaurations (restauration rapide, cafeteria, débits de boissons) et 5% pour les hôtels. Le commerce alimentaire représente 27% des effectifs du ST6, les autres commerçants spécialisés environ 42%.

- ➔ La ST7, qui correspond au tertiaire de bureau, est une autre catégorie très hétérogène, puisqu'elle contient des établissements de presque toutes les NAF, puisque les sièges sociaux d'entreprises industrielles, agricoles ou logistiques sont situés dans cette strate (voir chapitre 2). Les catégories qu'on peut distinguer en particulier sont les bureaux de secteurs d'activités non tertiaires (10 à 56, 94, 19%), les services financiers et immobiliers (64 à 68, 17%), les activités administratives spécialisées qui peuvent comprendre la communication, la gestion, la comptabilité, la recherche, le marketing, etc. (58 à 63 et 69 à 82, 23%), et les administrations publiques (84 à 88, 99, 40%).

- ➔ La ST8, enfin, correspond aux établissements de transport de marchandises et d'entreposage. Elle contient aussi, de manière plus minoritaire, le transport par conduite et les carrières et autres activités d'extraction pour les chantiers (catégorie B, 3%). On peut répartir très grossièrement ces activités entre les entreprises de transport et de messagerie, qui se spécialisent dans les opérations de transport et de *cross-dock* (49, 52.29a, 53.20z, 43%), de celles qui se spécialisent dans les services auxiliaires aux transports (entreposage, conditionnement...), ou qui ont été identifiées comme entrepôts appartenant à un autre secteur d'activité (tous les autres codes, 54%).

Ce passage en revue des différentes strates d'activités permet de mettre en perspective les statistiques descriptives que nous proposons ci-dessous permettant de décrire systématiquement, selon le type d'activité, la structure économique de l'Ile-de-France. Certains de ces résultats ont déjà été présentés dans des parties précédentes, mais leur compilation dans cette section permet de mieux comprendre les différences entre les grandes strates d'activités.

Cette description nous permet d'identifier des types d'activité aisément reconnaissables, une sorte de « juste milieu » entre le ST8 utilisé uniquement pour la présentation, et le ST45, utilisé pour des raisons opérationnelles, mais peu compatible à la présentation synthétique de résultats. Les types d'activité soulignés présentés ci-dessus forment donc un « ST32 ». Cette stratification, au-delà de la description qu'elle nous a permis de faire ci-dessus, sera utilisée uniquement dans ce chapitre, notamment dans la dernière section sur la présentation des résultats (voir la Figure 3.3.1).

Le Tableau 3.1.1 permet pour le moment de résumer les différences entre les établissements en ST8 (voir l'annexe 5 pour la présentation en ST32). Les secteurs d'activité les plus représentés en Ile-de-France sont, sans surprise, le tertiaire de bureaux et les services. Les petits commerces sont également en nombre considérable. Les établissements industriels sont assez nombreux

eux aussi. Les établissements de transport (entreposage, de grande distribution, d'agriculture) et, dans une moindre mesure, de commerce de gros sont peu nombreux, mais méritent d'être distingués eu égard à leurs particularités logistiques.

Libellé	ST8	Nombre d'établissements % du total	Effectifs % du total	Effectif par établissements	Distance moyenne au centre* (km)
Agriculture	1	12 409 1,4%	25 096 0,4%	2,02	30,73
Services	2	250 688 28,6%	1 413 045 24,8%	5,64	13,40
Industrie	3	117 976 13,4%	676 555 11,9%	5,73	18,25
Commerce de gros	4	41 619 4,7%	270 801 4,8%	6,51	15,45
Grande distribution	5	5 791 0,7%	110 123 1,9%	19,02	16,63
Petit Commerce	6	165 908 18,9%	574 109 10,1%	3,46	12,54
Tertiaire de bureaux	7	278 619 31,8%	2 556 135 44,8%	9,17	11,75
Transport - Entreposage	8	4 214 0,5%	80 287 1,4%	19,05	20,78
Total		877 224	5 706 151	6,50	13,49

* Distance moyenne au centre de l'agglomération du centroïde de la commune de l'établissement pondérée par sa taille (effectif)

Tableau 3.1.1 – Tableau récapitulatif de la structure économique d'Ile-de-France selon les huit grandes strates d'activité (Source : Altarès, calculs de l'auteur)

La taille des établissements varie beaucoup en fonction de la strate : les établissements de grande distribution et d'entreposage sont logiquement les plus grands (en nombre d'emplois), suivis des établissements tertiaires, puis de commerce de gros. Les petits commerces sont les plus petits, avec les établissements agricoles. La localisation des établissements est aussi assez différente. Les établissements agricoles sont situés le plus loin du centre de l'agglomération, suivis des établissements industriels et logistiques, ce qui n'est pas surprenant. Ils sont suivis par les établissements de commerces de gros et de grande distribution. Les établissements les plus centraux sont les bureaux, les petits commerçants et les services.

Dans la section suivante, nous décrivons la démarche de modélisation que nous suivons pour générer et caractériser les mouvements de marchandises dans la région Ile-de-France.

3.2 Mesurer et caractériser la demande de marchandises en Ile-de-France

3.2.1 Mesurer la demande à partir des activités économiques

La démarche de notre modèle de génération, similaire à celle de Freturb, est de générer les mouvements de marchandises, et de les caractériser par plusieurs variables pour comprendre les impacts de ces mouvements. Les mouvements sont générés à l'établissement. Comme nous l'avons présenté dans la section précédente, les chercheurs du LAET ont publié des ratios de nombres de mouvements hebdomadaires par emploi par type d'activité. Les établissements enquêtés sont « stratifiés » en grands groupes d'activité : 115 groupes (dans Freturb), 45 groupes (stratification opérationnelle pour l'échantillonnage et le redressement), et 8 groupes (pour la présentation des résultats, principalement).

Ainsi, les établissements les plus consommateurs de transport sont évidemment les activités de transport et de logistique, qui génèrent environ 5 mouvements hebdomadaires par emplois. A l'opposée les établissements de tertiaire de bureau, ne nécessitant que très peu de « matières premières » pour leurs activités, ne consomment que 0,25 mouvements par semaine et par emploi, comme le montre la Figure 3.2.1.

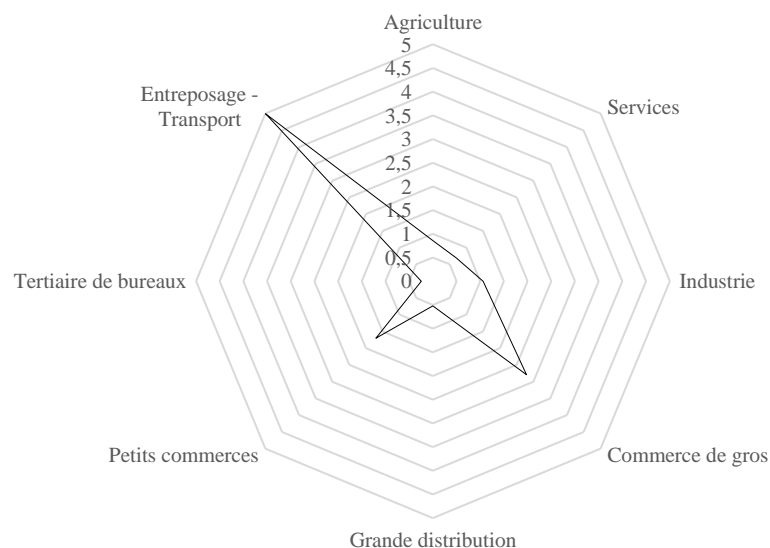


Figure 3.2.1 – Ratios hebdomadaires de mouvements par emploi pour le ST8
(Source : ETMV-IDF, 2014)

Une première méthode simplifiée pour la génération, utilisée dans les premières versions de nos modélisations des mouvements (Beziat, 2015), serait d'utiliser simplement ces ratios en 8, 45 ou 115 classes et de multiplier le nombre d'emplois d'un établissement par ce ratio pour obtenir le nombre de mouvements hebdomadaires. Le défaut de cette méthode est qu'elle suppose que la fonction de génération des marchandises est constante, ce qui pose un problème théorique et pratique.

Prenons un type d'activité imaginaire t avec un ratio hebdomadaire de mouvements par emploi de 1. Si un établissement i du type t contient 10 salariés, il générera 10 mouvements par semaine. Mais un autre établissement j qui en contient 100, en générerait 100 en appliquant le même ratio. Ce ratio constant n'est pas réaliste et la génération des marchandises (« *freight generation* », généralement exprimée en tonnes) doit être distinguée de la génération des trajets ou des mouvements (« *freight trips generation* », exprimée en nombre de voyages ou en vkm) (Holguín-Veras, et al., 2016).³⁰

Admettons que les besoins en marchandise d'un établissement grandissent de manière relativement constante en fonction de sa taille : plus un établissement est grand, plus il a besoin d'approvisionnement pour assurer sa production de biens ou de services. Même ainsi, il est très peu réaliste que la génération des mouvements soit constante.

Ainsi, partant d'un exemple : l'établissement i (10 salariés) a besoin de 100 kg de marchandises pour fonctionner chaque semaine, et l'établissement j (100 salariés) en reçoit 1 000 kg. L'établissement j ne recevrait pas pour autant 10 fois plus de livraisons. Les 1 000 kg peuvent, dans l'absolu, tout à fait être transportés par un seul véhicule, au même titre que les 100 kg, et ne nécessitent pas forcément de trajets supplémentaires.

Cet exemple ne prend bien sûr pas en compte le rythme et la fréquence des commandes (qui dépendent des organisations internes aux établissements) et les choix de massification et d'organisation des transporteurs (choix de la taille du véhicule, organisation des tournées ou des traces directes), mais il permet de comprendre que l'utilisation d'un ratio constant pose un problème théorique.

C'est aussi un problème pratique pour la génération des très gros établissements d'une aire urbaine. Certains établissements contiennent plusieurs milliers de salariés, ce qui équivaudrait

³⁰ José Holguín-Veras parle notamment des « périls » d'utiliser des ratios constants (Holguín-Veras, et al., 2011b).

à plusieurs milliers de mouvements et conduirait à sévèrement surestimer le nombre de mouvements d'une zone locale de l'aire urbaine.

Notons bien que le logiciel Freturb ne tombe pas dans le piège des ratios constants (Figure 3.2.2) : il utilise des moyennes de mouvements générées par type d'activité et classes d'effectifs des établissements d'une manière extrêmement détaillée pour réaliser la génération.

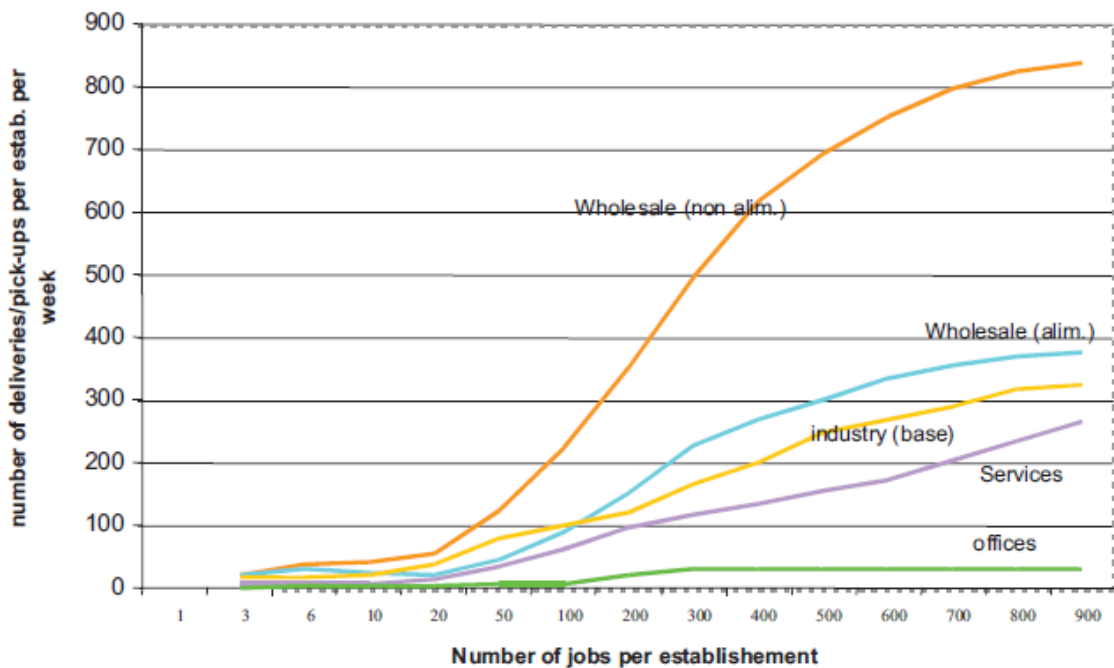


Figure 3.2.2 – Exemples de la génération dans Freturb selon le type d'activité (Routhier & Toilier, 2007)

On le voit, cette méthode permet de ne pas appliquer une génération constante : c'est-à-dire une augmentation puis un plateau une fois une certaine taille critique dépassée. Cela dit, Freturb présente l'avantage d'être calibré à partir de trois enquêtes très conséquentes, avec environ 4 500 établissements en tout (1 000 pour Dijon, 1 500 pour Bordeaux et presque 2 000 pour Marseille).

Les résultats de l'enquête TMV-IDF, on l'a vu, ne contiennent « que » 1 200 établissements, ce qui rend difficile de prendre en compte des moyennes très détaillées qui ne seraient pas représentatives statistiquement à cause de la faiblesse de l'échantillon. Cette méthode de génération nous est donc inaccessible.

Pour contourner le problème, nous avons choisi de ne pas avoir recours à des ratios constants ou à des moyennes détaillées mais plutôt d'utiliser les fonctions de la génération des mouvements en fonction de la taille de l'établissement, par grands types d'activité en ST45 : c'est donc une approche inductive (Gonzalez-Feliu, 2016). Nous avons testé principalement deux formes de fonction : linéaire et logarithmique. Ces fonctions sont appliquées aux établissements dans notre base de données Altarès, et sont comparées à la génération « constante » utilisant les ratios du LAET.

Comme nous savons (via l'enquête TMV) combien de mouvements sont générés par type d'activité en ST45, nous comparons les mouvements générés dans notre fichier établissement par les différentes fonctions (constante, linéaire, logarithmique) avec les résultats de l'enquête TMV : la fonction qui obtient le résultat le plus proche de la génération « réelle » est choisie.

Le choix est donc fait sur des considérations pragmatiques, afin de coller au mieux à ce que nous savons être la génération des marchandises en Ile-de-France (via l'enquête TMV). L'intégralité des fonctions calculées et les choix réalisés sont disponibles en annexe 6.

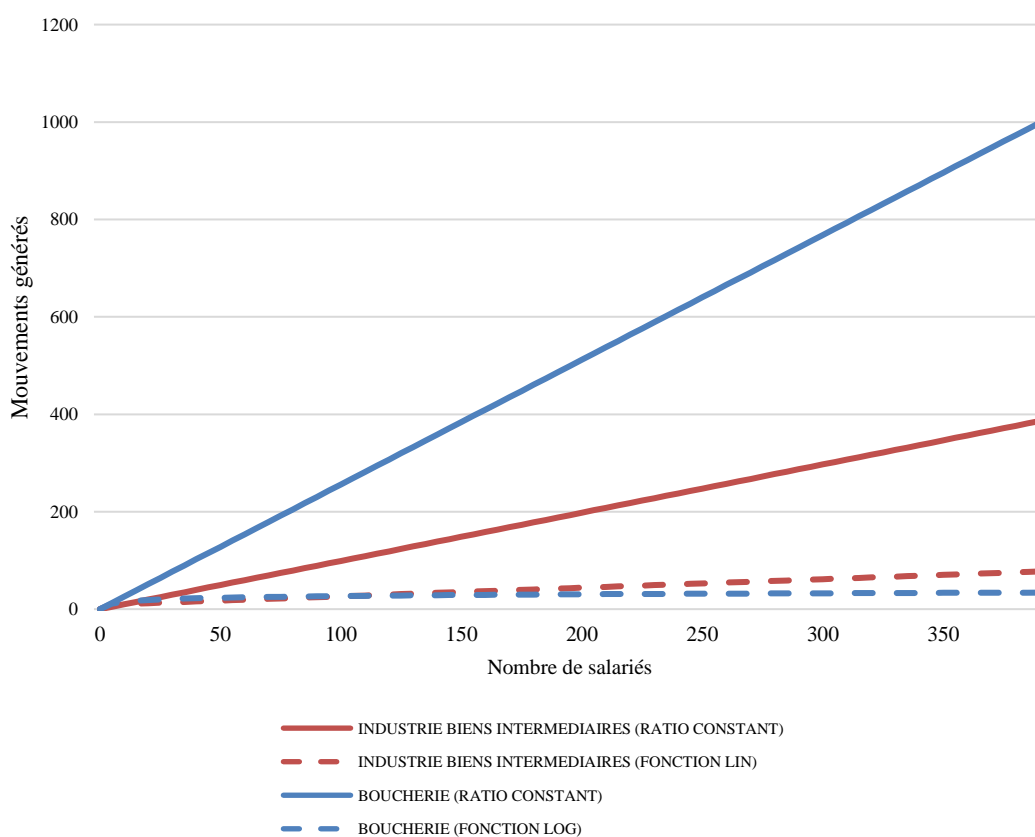


Figure 3.2.3 – Exemples de la génération d'après les données TMV-IDF selon le type d'activité (Source : ETMV-IDF, 2014, calculs personnels)

Le graphique 3.2.3 ci-dessus montre l'intérêt d'une telle méthode. En appliquant le ratio constant de la strate « Industrie Biens Intermédiaires » (0,99 mouvements par semaines par emplois, fonction ligne rouge pleine) aux établissements de cette strate dans l'enquête, on surestime le nombre de mouvements générés en réalité de près de 250% par rapport à la génération observée.

La fonction linéaire calculée à partir des données d'enquête (ligne rouge pointillée) sous-estime le total, mais seulement de 5%. De la même manière, le ratio constant de l'enquête pour les « Boucheries » (2,56 mouvements hebdomadaires par emplois, fonction ligne bleue pleine) surestime les mouvements de l'enquête de près de 18%. L'utilisation d'une fonction logarithmique calculée à partir des données d'enquête permet de retrouver le nombre de mouvements générés par les établissements dans l'enquête à 5% près.

L'étude des fonctions de génération révèle des résultats intéressants. En effet il semble y avoir un certain rapport entre le type d'activité au sens large des établissements et la forme de la fonction de génération :

- Les ratios constants ($y = ax$) calculés par le LAET, tout d'abord, semblent pertinents pour les activités expéditrices qui assurent l'approvisionnement en marchandises des autres établissements, à savoir le commerce de gros et les établissements de transport et entreposage. Plus l'établissement est grand, plus le nombre de mouvements est important, et ce de manière constante. Ils sont aussi pertinents pour les strates qui ne possèdent pas de grands établissements, comme certaines catégories de commerce de détail, ce qui est sensé : l'utilisation du ratio constant va surtout surestimer le nombre de mouvements pour les grands établissements. S'il n'y a pas de grands établissements, le ratio constant peut produire une bonne estimation.
- L'utilisation de fonctions linéaires ($y = ax + b$) est généralement pertinente pour l'industrie et l'artisanat : il y aurait un nombre « minimum » (qui correspond à l'intercepte de la fonction) de mouvements générés par établissement quel que soit sa taille, puis une augmentation constante (mais à la pente plus faible que les ratios constants) en fonction du nombre de salariés.
- L'utilisation de fonctions logarithmiques ($y = a \ln(x) + b$), correspond bien aux établissements de commerce de détail, qui ont des tailles relativement variées. Une hypothèse pouvant expliquer cette forme de la courbe est la massification possible passée un seuil critique de taille. Les petits établissements aux faibles capacités de

stockage nécessitent un nombre important de livraisons, qui croît relativement rapidement avec la taille de l'établissement. Passée une certaine taille, la croissance du nombre de mouvements nécessaires continue mais ralentit : les besoins de l'établissement justifient des livraisons en poids lourds plutôt qu'en VUL, l'espace de stockage plus important permet une fréquence moins élevée de livraison, les commandes sont rationalisées, etc.

Une fois les fonctions définies, elles peuvent être appliquées aux établissements individuels de notre fichier d'établissement. Le nombre de mouvements M générés par établissement e dépend de sa taille (en effectif) t , et d'une fonction de génération différente selon le type d'activité A^0 en ST45. Les différentes fonctions de génération sont présentées dans l'annexe 6. La somme des mouvements M d'un carreau z est donc :

$$M_z = \sum_{e=1}^N M_e(A_i^0, t_i) \quad (8)$$

Cette méthode, au-delà du fait qu'elle présente en elle-même des résultats intéressants et qu'elle est plus robuste théoriquement, permet surtout d'éviter de surestimer les mouvements générés par les grands établissements. Les résultats globaux pour l'Ile-de-France ne changent pas beaucoup (il y a relativement peu de très grands établissements), mais nous évitons ainsi des surestimations très importantes au niveau local lorsqu'un grand établissement est présent dans une zone.

3.2.2 Caractériser la demande de marchandises : taille des véhicules

Il est important de pouvoir caractériser les mouvements pour estimer les impacts produits sur l'environnement urbain. Dans Freturb, seul le type d'activité (en ST45) est pris en compte pour caractériser les mouvements selon le type de véhicule.

Etant données les limitations en termes de données de l'enquête TMV-IDF, il nous a semblé peu pertinent de prendre une telle désagrégation, notamment parce qu'il est apparu rapidement dans nos exploitations que la taille de l'établissement avait un impact sur le type de véhicule touchant l'établissement : plus l'établissement est grand, plus la proportion de poids lourds le desservant est importante (voir la Figure 3.2.4 ci-dessous).

Nous nous sommes donc aperçus de la nécessité de pouvoir distinguer les établissements selon leur classe d'effectif. Etant donné que la stratification ST115 donnée par le LAET (une division en 115 classes à partir du type d'activité (ST45) et d'une classe d'effectif) désagrège trop les résultats pour avoir des échantillons suffisants par groupe, nous avons choisi de construire notre propre classification.

Chaque ST8 est divisée en classes d'effectifs égaux, modulées pour que les établissements de mêmes effectifs soient dans la même classe. Les ST8 ayant 100 établissements ou plus sont divisées en trois classes d'effectifs. Les ST8 ayant moins de 100 établissements le sont en deux classes d'effectifs. NB : L'agriculture n'est pas divisée en classe d'effectif.

	ST8	Nombre d'étab.	Bornes de classes (nb d'étab.)	Bornes de classes (nb d'étab.)	Bornes de classes (nb d'étab.)
Agriculture	1	12	- -	- -	- -
Services-Artisanat	2	194	1 à 2 (83)	3 à 6 (53)	7 et + (58)
Industrie	3	228	1 à 4 (92)	5 à 10 (63)	11 et + (73)
Grande distribution	4	123	1 à 6 (41)	7 à 19 (41)	20 et + (41)
Commerce de gros	5	54	1 à 70 (27)	71 et + (27)	- -
Petit Commerce	6	333	1 à 2 (117)	3 à 5 (115)	6 et + (101)
Tertiaire	7	199	1 à 4 (72)	5 à 18 (71)	19 et + (67)
Entreposage	8	45	1 à 14 (22)	15 et + (23)	- -

Tableau 3.2.1 – Création du ST20 (source : auteur)

Cette classification est construite afin de respecter certaines considérations théoriques (la taille joue sur le type de véhicule) tout en tenant compte des limites de l'enquête en ce qui concerne la taille de l'échantillon et le taux de non-réponses pour certaines variables. Les établissements peuvent être divisés en 20 classes, prenant en compte l'activité et la taille.

Le graphique 3.2.4 résume l'intérêt de prendre en compte la taille de l'établissement pour déterminer le type de véhicule. La taille des établissements, selon le type d'activité, joue un rôle très important. Pour chaque type d'activité du ST8 (sans exception), la part des petits véhicules (2R et VUL) décroît à mesure que la taille de l'établissement augmente au profit des

grands véhicules (Porteurs et Articulés). Des ratios (voir annexe 7) ont été calculés par un croisement entre les types d'activité en ST20 et le type de véhicule.

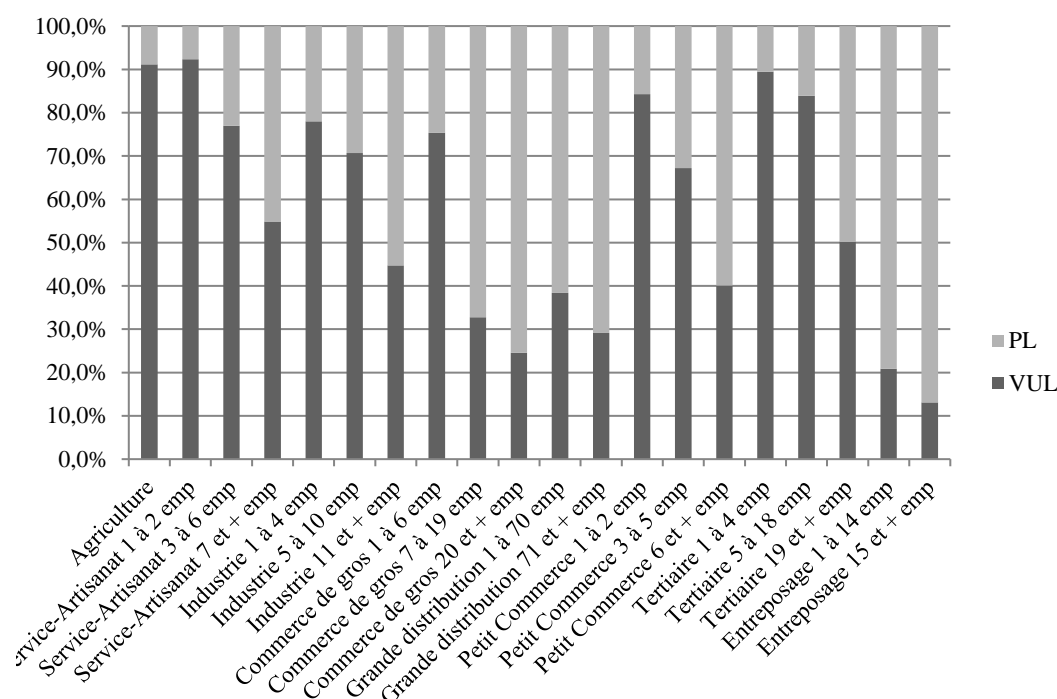


Figure 3.2.4 – Répartition du type de véhicule résumé selon le type d'activité et la taille de l'établissement (Source : ETMV-IDF, 2014, calcul de l'auteur)

Ainsi, la caractérisation des mouvements par types de véhicules dépend principalement du type d'activité et de la taille de l'établissement, décrits par la stratification A^2 des établissements (en ST20, voir Tableau 3.2.1). Nous estimons un nombre de mouvements M d'une zone z , pour un type de véhicule v , et un type d'activité A^2 , à l'aide du ratio f_{v,A^2} de véhicules par types d'activités (en ST20), que nous calculons à l'aide des résultats de l'enquête TMV.

$$M_{z,v,A^2} = \sum M_{z,A^2} \times f_{v,A^2} \quad (9)$$

3.2.3 Caractériser la demande de marchandises : distance parcourue par les véhicules

La dernière caractéristique des mouvements que nous avons souhaité explorer concerne les distances parcourues par le véhicule pour atteindre l'établissement de chargement ou déchargement. En fonction de cette distance, l'impact du transport de marchandises sur le territoire en termes d'occupation de la voirie et de nuisances n'est pas le même. Dans le chapitre

4, nous explorerons de manière plus détaillée et qualitative les déterminants des formes de déplacements des marchandises en milieu urbain.

Pour l'heure, nous gardons la démarche que nous développons depuis le début de ce chapitre : nous proposons une méthode simple et facilement reproductible pour produire des indicateurs statistiques permettant de quantifier le phénomène à l'échelle d'un territoire large comme l'Ile-de-France. Nous nous inspirons largement de la méthode TMV-Freturb en l'adaptant pour tenir compte des particularités et des manques de l'enquête TMV-IDF.

Pour caractériser les distances parcourues, Freturb produit des fonctions de distances à partir des caractéristiques des mouvements : type de parcours (tournée ou trace directe), type de trajet (ordinaire ou principal), mode de gestion (CA, CPE, CPD), type de véhicule (VUL, Porteur, Articulé), type d'activité (établissements producteurs vs consommateurs), densité d'opérations de la zone dans laquelle a lieu l'opération.

Dans le cadre de cette modélisation, nous utilisons à peu près les mêmes indicateurs dans un modèle de régression linéaire multiple, permettant de décrire les variations d'une variable endogène en fonction des variations de plusieurs variables exogènes.

Plusieurs variables ont été testées. Celles choisies au final sont celles qui confèrent la meilleure valeur de prédiction du modèle : le type de trajet (ordinaire ou principal, les trajets en trace directe étant tous considérés comme des trajets principaux), le mode de gestion (CA ou CPE), le type de véhicule (VUL ou PL³¹), le type d'activité (établissements producteurs vs consommateurs), et la distance au centre. Pour rappel, l'objectif est de trouver un bon compromis entre la qualité du modèle nécessitant un certain niveau de détail, et la qualité des données d'enquête disponible permettant un autre niveau de détail.

Ainsi, le modèle ci-dessous utilise les données de l'enquête chauffeur-livreur « embarquée », qui ne renseigne que des tournées en CA et en CPE. Les tournées en CPD sont renseignées uniquement par des enquêtes auto-administrées moins détaillées, et les fonctions de distance qui en résultent sont donc calculées séparément.

La distance au centre est par contre choisie parce qu'elle explique légèrement mieux la distance parcourue par le véhicule pour rejoindre l'établissement que la densité des opérations dans le

³¹ Les deux-roues ne sont pas considérés dans l'analyse étant donnée l'absence de données

modèle (R^2 plus élevé). Les deux variables ne peuvent pas être incluses en tant que variables exogènes dans le même modèle en raison de la colinéarité très forte entre les deux (voir Figure 3.2.5).

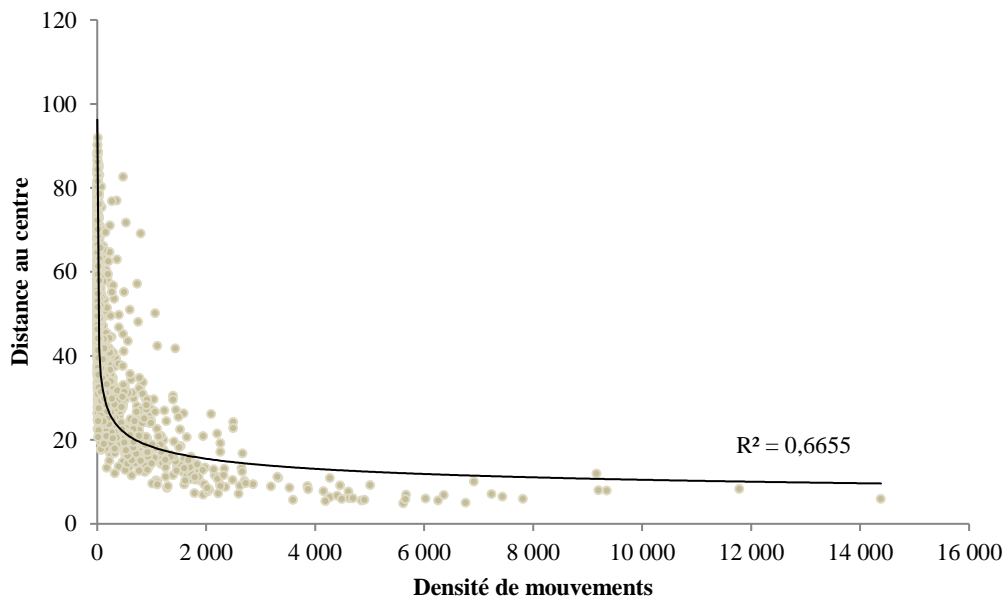


Figure 3.2.5 – Relation entre la distance au centre et la densité de mouvements par commune en Ile-de-France (source : auteur)

$$Dist_i = \alpha_1 T_i + \alpha_2 G_i + \alpha_3 V_i + \alpha_4 A_i + \alpha_5 D_i \quad (10)$$

La distance parcourue $Dist$ pour un mouvement i est donc fonction de plusieurs variables. T (type de trajet, 1 = principal), G (mode de gestion, 1 = CA), V (type de véhicule, 1 = PL), et A (type d'activité, 1 = production) sont des variables dummies binaires. D est la distance au centre de l'agglomération (défini dans un SIG comme le centre de la ville de Paris) de la commune dans laquelle est généré le mouvement. Les paramètres α_1 , α_2 , α_3 , α_4 , et α_5 sont estimés par le modèle de régression linéaire multiple dans Stata.

Le modèle est calibré à partir des 2 981 trajets renseignés par l'intégralité des variables dans l'enquête chauffeurs-livreurs embarquée (certains arrêts visités n'ont pas pu se voir assigner un type d'activité en fonction du manque d'information).

Afin de vérifier la qualité de prédiction des variables choisies, le modèle est aussi calibré à partir de 1 647 trajets tirés au hasard dans la base de données. Les paramètres du modèle sont ensuite appliqués aux 1 514 trajets restants. Cette méthode nous permet de mieux juger de la qualité de prédiction du modèle.

Plusieurs résultats sont présentés dans le Tableau 3.2.2 ci-dessous. Les deux variables les plus discriminantes pour la distance d'un déplacement sont le type de trajet (13,5 km en plus pour les trajets principaux que pour les trajets ordinaires) et la distance au centre (0,5 km de trajet en plus par km de distance au centre de l'agglomération de la destination du déplacement).

Variabiles	Modèle 1	Modèle 2
Type de trajet (1 = principal)	13,4637 0.000	13,1368 0.000
Mode de gestion (1 = CA)	-1,4543 0.004	-0,6882 0.000
Type de véhicule (1 = PL)	3,6464 0.000	3,0778 0.000
Type d'activité (1 = Production)	1,9224 0.001	0,9444 0.000
Distance au centre	0,4507 0.000	0,4852 0.000
Nombre d'observations	2 981	1 467
R ² ajusté	0,479	0,447
Distance totale prédite (km)	30 100,67	15 224,80
Distance totale observée (km)	30 676,63	14 677,60
Variation	1,76%	3,73%*

* Sur un sous-échantillon différent de celui qui a servi à calibré les données.

Tableau 3.2.2 – Résultats de la régression multiples sur les distance (calculs de l'auteur)

Le type de véhicule est aussi important : les trajets en poids lourds sont, toutes choses égales par ailleurs, plus long de 3 km environ. Le type d'activité et le mode de gestion sont moins discriminants, mais le sens des coefficients fait sens : les déplacements sont plus longs pour les activités productives (usines, entrepôts) que pour les activités consommatrices (commerces, bureaux). Et les déplacements sont plus longs pour les opérateurs en compte propre que pour les opérateurs de transport professionnel en compte d'autrui, qui ont souvent plus d'opportunités pour rationaliser leurs tournées, avec un nombre de clients potentiels plus important.

D'après notre modèle, une livraison d'un hypermarché h situé dans une commune à 30 km du centre de Paris (en périphérie d'agglomération) par un transporteur professionnel à l'aide d'un poids lourds nécessiterait un trajet de 16 km environ.

$$Dist_h = 13,4637 \times 0 + -1,4543 \times 1 + 3,6464 \times 1 + 1,9224 \times 0 + 0,4507 \times 30 = 15,7131 \quad (11)$$

Par ailleurs, les qualités prédictives des coefficients sont relativement bonnes. En utilisant les paramètres du modèle 2 sur un autre sous-échantillon que celui sur lequel il a été calibré, on obtient des valeurs qui correspondent à moins de 4% près. En utilisant les paramètres du modèle 1 sur tout l'échantillon, on arrive à prédire les distances parcourues à 0,15% près. La qualité du modèle d'estimation des distances nous semble donc satisfaisante.

En raison du faible échantillon de tournées en CPD (une trentaine exploitable environ), et du niveau de détail moins important des enquêtes auto-administrées, nous avons utilisé une méthode extrêmement simplifiée, à partir de moyenne de distances parcourues par mouvements différenciées selon le type de véhicule, les poids lourds ayant une distance bien plus importante (environ 18 km) que les véhicules utilitaires légers (environ 3 km en moyenne).

3.3 Structure économique, localisation des établissements, et génération des mouvements de marchandises en Ile-de-France

3.3.1 Structure économique, fonctionnement logistique et génération des mouvements et de leurs caractéristiques en Ile-de-France

Après avoir vu la structure économique de la région (Tableau 3.1.1 dans la première section), le Tableau 3.3.1 ci-dessus donne des éléments pour comprendre l'organisation logistique de ces établissements, qui dépend en grande partie de leurs particularités économiques.

Evidemment, les villes sont avant tout des pôles de consommation, ce qui est particulièrement vrai pour Paris et l'Ile-de-France. Les livraisons représentent environ les deux tiers des mouvements réalisés. Le type d'opération est extrêmement dépendant du type d'activité. Les livraisons représentent entre 70 et 90% des mouvements des activités « consommatrices » de flux (petits commerces, grande distribution, services et bureaux). La proportion est moins importante pour les activités de production (industrie et agriculture), avec une part de 55 à 65% des mouvements qui sont des livraisons. Enfin les activités chargées de l'approvisionnement en marchandises pour d'autres activités, c'est-à-dire les grossistes et les entrepôts, sont logiquement beaucoup plus concernées par les enlèvements que par les livraisons, qui ne représentent qu'un tiers environ des mouvements.

Libellé	ST8	Mouvements	Livraisons*	Enlèvements	CA	CPE	CPD	Tonnes livrées p. livraison
		hebdomadaires % des mouv						
Agriculture	1	23 445 0,07%	15 456 65,9%	7 990 34,1%	2 144 9,1%	11 300 48,2%	10 001 42,7%	0,38
Services	2	827 781 19,66%	614 639 74,2%	213 142 25,8%	342 867 41,4%	301 078 36,4%	183 836 22,2%	0,18
Industrie	3	660 296 15,68%	375 054 56,8%	285 242 43,2%	352 370 53,4%	241 977 36,6%	65 950 10,0%	1,86
Commerce de gros	4	681 199 16,18%	248 927 36,5%	432 273 63,5%	360 901 53,0%	187 021 27,4%	133 277 19,6%	0,60
Grande distribution	5	82 894 1,98%	67 041 80,9%	15 853 19,1%	62 295 75,1%	13 737 16,6%	6 863 8,3%	1,85
Petit Commerce	6	923 284 21,92%	799 592 86,6%	123 692 13,4%	323 661 35,0%	413 356 44,8%	186 267 20,2%	0,23
Tertiaire de bureaux	7	698 812 16,59%	509 558 72,9%	189 254 27,1%	444 526 63,6%	207 012 29,6%	47 274 6,8%	0,39
Transport - Entreposage	8	313 986 7,47%	98 549 31,4%	215 436 65,6%	206 056 65,6%	68 764 21,9%	39 165 12,5%	2,45
Total		4 211 699	2 728 816 64,8%	1 482 883 35,2%	2 094 820 49,7%	1 444 245 34,3%	672 634 16,0%	1,61

* Livraisons = comprend les réceptions et les opérations conjointes (le poids livré est généralement plus important que le poids enlevé pour les conjointes)

Tableau 3.3.1 – Tableau récapitulatif de l'organisation logistique selon les huit grandes strates d'activité d'Ile-de-France (Source : ETMV-IDF, 2014, calculs de l'auteur)

Les modes de gestion dépendent en grande partie du type d'activité de l'établissement. Les activités qui ont recours aux services des transporteurs professionnels sont la grande distribution, l'entreposage, et le tertiaire, ce qui est logique : la grande distribution a eu tendance à externaliser sa logistique depuis les années 1990 (Paché, 1998), le secteur du transport et de l'entreposage correspond aux transporteurs professionnels, et le tertiaire concerne généralement des activités à haute valeur ajoutée centrées sur leur cœur de métier et externalisant leurs fonctions supports comme le transport et la logistique.

C'est le cas aussi, dans une moindre mesure, pour l'industrie et le commerce de gros, mais ces secteurs nécessitent dans certains cas des prestations plus spécialisées en fonction du type de marchandises transportées, ce qui constitue l'un des facteurs majeurs du recours au transport en compte propre (Cruz, 2011). Enfin, les activités de services et de petits commerces ont recours en grande majorité au compte propre, avec notamment une large part pour le compte propre destinataire qui concerne les artisans et commerçants réalisant leurs propres approvisionnements.

L'étude du nombre de tonnes moyennes par livraison est aussi révélatrice, le poids par mouvement étant à la fois fonction de la consommation de l'établissement en marchandises et de la fréquence des livraisons (combinaison déjà prise en compte avec l'estimation du nombre de mouvements par établissement).

Pour les établissements de services et de petits commerces, les livraisons sont très nombreuses et de taille très modeste. Les établissements industriels et de grande distribution sont livrés relativement peu fréquemment mais avec des envois très pondéreux. Les établissements de transport et entreposages, et dans une moindre mesure les établissements de commerce de gros, sont livrés très fréquemment, avec des poids importants. Les établissements tertiaires et agricoles sont peu livrés, et par des poids relativement faibles.

Le Tableau 3.3.2 aborde les différences opérationnelles des mouvements pour les huit grands types d'activités. Ces différences sont dues à plusieurs facteurs, intégrés au processus de modélisation : le type d'activité, la localisation des établissements par rapport au centre de l'agglomération, ou encore la nature de l'opérateur de transport. On voit que le type de véhicule diffère selon le type d'activité. Les activités agricoles, d'industrie, de services, de petit commerce et de bureaux sont majoritairement livrées et enlevées par des petites véhicules (deux-roues ou VUL), alors que les activités de commerce de gros, de grande distribution et d'entreposage sont touchées avant tout par de gros véhicules (porteurs ou articulés).

Libellé	ST8	Mouvements hebdomadaires	Mouv. en 2-3 roues % des mouv.	Mouv. en VUL % des mouv.	Mouv. en Porteur % des mouv.	Mouv. en articulé % des mouv.	Distance parcourue (km) Dist. / mouv.
Agriculture	1	23 445	0 0,0%	21 349 91,1%	1 971 8,4%	125 0,5%	335 050,0 14,3
Services	2	827 781	32 959 4,0%	576 919 69,7%	141 185 17,1%	76 719 9,3%	6 829 864,3 8,3
Industrie	3	660 296	41 769 6,3%	335 129 50,8%	234 695 35,5%	48 703 7,4%	9 251 149,9 14,0
Commerce de gros	4	681 199	11 074 1,6%	282 883 41,5%	298 441 43,8%	88 802 13,0%	9 246 812,5 13,6
Grande distribution	5	82 894	121 0,1%	28 012 33,8%	27 347 33,0%	27 414 33,1%	897 462,8 10,8
Petit Commerce	6	923 284	8 339 0,9%	623 170 67,5%	270 257 29,3%	21 518 2,3%	7 253 789,5 7,9
Tertiaire de bureaux	7	698 812	66 915 9,6%	478 384 68,5%	142 479 20,4%	11 034 1,6%	4 409 488,9 6,3
Transport - Entreposage	8	313 986	0 0,0%	46 205 14,7%	154 768 49,3%	113 013 36,0%	5 499 550,0 17,5
Total		4 211 699	161 264 3,8%	2 392 337 56,8%	1 270 894 30,2%	387 204 9,2%	43 723 167,9 10,4

Tableau 3.3.2 – Tableau récapitulatif des impacts du TMV selon les huit grandes strates d'activité d'Ile-de-France (Source : ETMV-IDF, 2014, calculs de l'auteur)

La distance parcourue varie aussi beaucoup : elle est élevée pour le transport et l'entreposage, l'agriculture, l'industrie, le commerce de gros, et dans une moindre mesure la grande distribution. Les activités « urbaines » par excellence que sont les petits commerces, les bureaux et les services sont en revanche beaucoup moins génératrices de kilomètres parcourus par des véhicules, notamment grâce à leur position centrale.

Bien sûr, comme nous l'avons développé plus haut, la présentation des types d'activités en huit grandes classes cache une variance intra-classe importante. C'est pourquoi nous proposons d'utiliser la typologie d'activité développée plus haut dans cette section, en 32 classes d'activités. Nous les utilisons à la place du ST45 parce qu'elles permettent de présenter des types d'activités plus facilement identifiables selon nous.

Comme on l'a vu en introduction, les véhicules de TMV sont générateurs de multiples impacts : congestion, pollution, accidents... En évaluant l'impact de l'objet d'un système, il convient d'envisager plusieurs niveaux d'impact. D'abord, comment mesurer l'impact généré par un individu représentatif de l'objet en question ? Par exemple, quelle est la part de congestion générée par un camion ? Ensuite, quel est le volume au regard du nombre des individus générant ces impacts ? Combien y a-t-il de camions qui génèrent cette congestion ? Enfin, quelle est l'exposition des autres objets du système à ces impacts ? Le diagramme de Venn (Figure 3.3.1) ci-dessous présente les impacts de ces différentes activités en prenant en compte quatre axes d'analyse :

- La taille des véhicules utilisés pour réaliser ces mouvements (qui représente la part générée par un individu)
- La distance parcourue en moyenne pour réaliser les mouvements (idem)
- Le volume de mouvements générés chaque semaine par les différents types d'activité (quel est le volume de ces impacts au regard du nombre d'individus ?)
- La distance moyenne au centre (pondérée) des différents types d'activités (indicateur qui représente l'exposition des autres objets du système, qui sont concentrés dans la zone dense centrale).

A priori, plus les trois premiers critères sont élevés, plus les impacts sur l'environnement urbain sont importants. Au contraire, plus la distance au centre est basse, plus les impacts des différents types d'activités vont être problématiques puisque les mouvements ont lieu en zone dense, là

où leur gestion est la plus complexe. Le diagramme est construit de manière à ce que chaque ellipse contienne 50% des activités. Pour chaque activité définie à partir des regroupements de code NAF décrits plus hauts (les regroupements sont expliqués en détail en dans la section 3.1.1), on indique aussi le ST8 d'appartenance pour permettre de faire la correspondance.

Le diagramme divise les activités en deux groupes principaux. D'une part, des activités de services, commerces et bureaux, qui génèrent de nombreux mouvements ayant peu d'impact à l'unité (peu de distances parcourues et des petits véhicules utilisés) mais très proches du centre de l'agglomération. D'autre part, des activités (principalement des industries, des grossistes et des grands magasins) qui génèrent relativement peu de mouvements, plutôt en dehors du cœur d'agglomération, mais avec des distances parcourues élevées et une proportion importante de grands véhicules. On peut distinguer par ailleurs :

- Les activités qui génèrent de nombreux mouvements, avec des véhicules de grande taille, des distances parcourues élevées, mais qui sont relativement éloignés du centre de l'agglomération. Cela concerne principalement les activités logistiques, certaines activités de grossistes et activités industrielles.
- Les activités qui sont, en quelque sorte, les plus génératrices d'impacts négatifs : à la fois proches du centre de l'agglomération, générant de nombreux mouvements de grands véhicules et de nombreux kilomètres parcourus : l'industrie légère et les grossistes de produits manufacturés et alimentaires.
- Certaines activités qui génèrent des mouvements avec des impacts mesurés sur un seul axe (volume, taille des véhicules, proximité au centre ou distance parcourue).

Les activités d'aménagement paysager et les activités hospitalières, qui sont peuvent être considérées comme ayant le moins d'impact : ni proches du centre, sans gros volume de mouvements, des distances parcourues faibles et un recours peu fréquent aux grands véhicules.

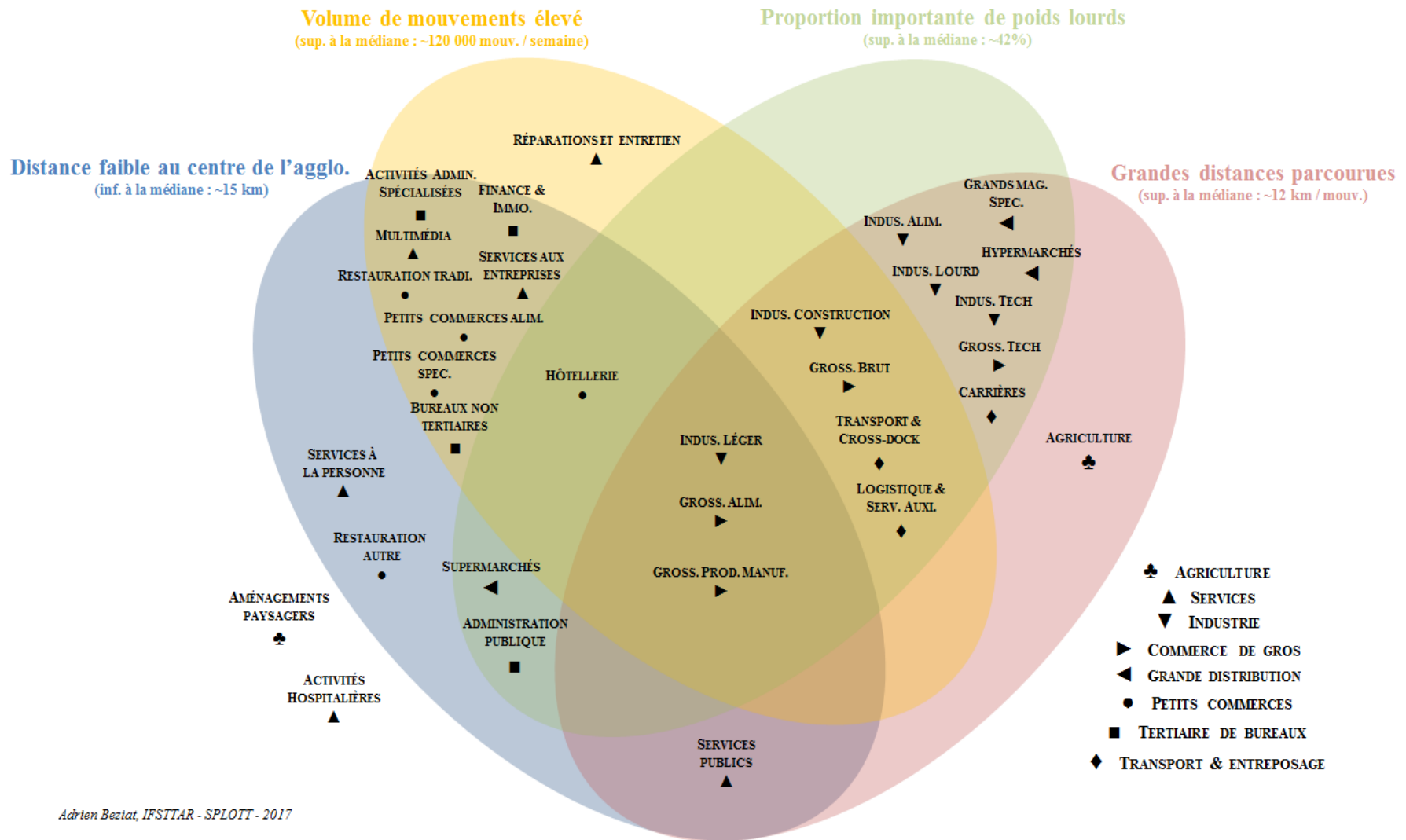


Figure 3.3.1 – Classification des grands types d’activités métropolitaines en fonction de leurs impacts sur l’espace urbain (source : auteur)

3.3.2 Répartition spatiale des mouvements en Ile-de-France : hyper-concentration et localisation d'activités humaines

Ayant analysé les grands types d'activité d'Ile-de-France et leur rôle dans la génération des mouvements et leurs impacts, nous nous proposons maintenant d'étudier la répartition spatiale des résultats de nos modélisations. Notre analyse géographique des mouvements en Ile-de-France se structure à plusieurs échelles. Nous présentons dans le Tableau 3.3.3 les résultats globaux pour la région et ses grandes zones : Paris, la petite couronne et la grande couronne.

La division de la région en ces trois zones, fréquemment utilisée dans cette thèse, est une partition géographique pertinente. La division est d'abord administrative : on distingue Paris au centre (qui est à la fois municipalité et département), les trois départements de la Petite Couronne (Hauts-de-Seine à l'Ouest, Val-de-Marne au Sud-Est, Seine-Saint-Denis au Nord-Est), et les quatre départements de la Grande Couronne en périphérie (Seine-et-Marne à l'Est, Yvelines à l'Ouest, Essonne au Sud, Val-d'Oise au Nord).

La distinction est aussi morphologique. Paris est de loin le département le plus peuplé et le plus dense de la région. Le tissu urbain est ininterrompu au sein de la commune, à part dans les espaces verts de l'Est et de l'Ouest (les bois de Vincennes et de Boulogne). La Petite Couronne est aussi relativement dense, mais moins que Paris à l'exception de certaines communes limitrophes, et la majeure partie du territoire est urbanisée de manière quasi-continue. La Grande Couronne est divisée en deux parties : une partie urbanisée relativement peu dense dans la continuité de l'agglomération parisienne, et une partie essentiellement rurale avec quelques pôles urbains de taille relativement modeste.

Couronnes	Etablissements*	Emplois**	Surface (km ²)	Mouvements***	Livraisons***	Enlèvements***
Paris	296 217	1 756 375	105	1 123 547	808 925	314 549
Petite Couronne	279 168	2 122 679	657	1 513 356	942 796	570 485
Grande Couronne	301 839	1 827 097	11 250	1 574 998	977 095	597 849
Ile-de-France	877 224	5 706 151	12 012	4 211 901	2 728 816	1 482 883

Tableau 3.3.3 – Nombre de mouvements générés pour l'Ile-de-France et ses sous-ensembles
(Source : ETMV-IDF, 2014, calculs de l'auteur)

Le nombre total de mouvements estimé avec la méthodologie présentée dans le chapitre 2 pour la région est de 4 210 000 environ, ce qui est légèrement plus faible que les chiffres du LAET (4 250 000, soit une différence de 1% environ). Ceci s'explique par deux facteurs : la différence dans la méthode de génération (fonctions de génération, et non moyennes détaillées) et dans le

fichier de base utilisé (Altarès et pas Sirene, méthodologies différentes de nettoyage et d'apurement des établissements, etc). Ce tableau permet de se faire une idée de l'ampleur de la demande et de sa localisation, sa concentration dans des surfaces relativement faibles de la région, et sa concordance avec l'importance et la nature de l'activité économique.

La Figure 3.3.2 montre la répartition des mouvements en Ile-de-France. Notons d'emblée que la représentation cartographique de l'Ile-de-France, comme celle de la Figure 3.2.2 et dans plusieurs Figures qui suivent, pose toujours des problèmes méthodologiques dues aux contrastes de densité très importants entre les différents espaces de la région. Ces contrastes sont renforcés par l'unité d'observation extrêmement fine choisie pour cette représentation.

Une grille de 400 mètres sur 400 mètres a été appliquée à l'Ile-de-France à l'aide d'un logiciel SIG, et le nombre de mouvements générés par les établissements est calculé pour chacune des zones. Un choix de discrétisation des zones est ensuite effectué pour une représentation cartographique.

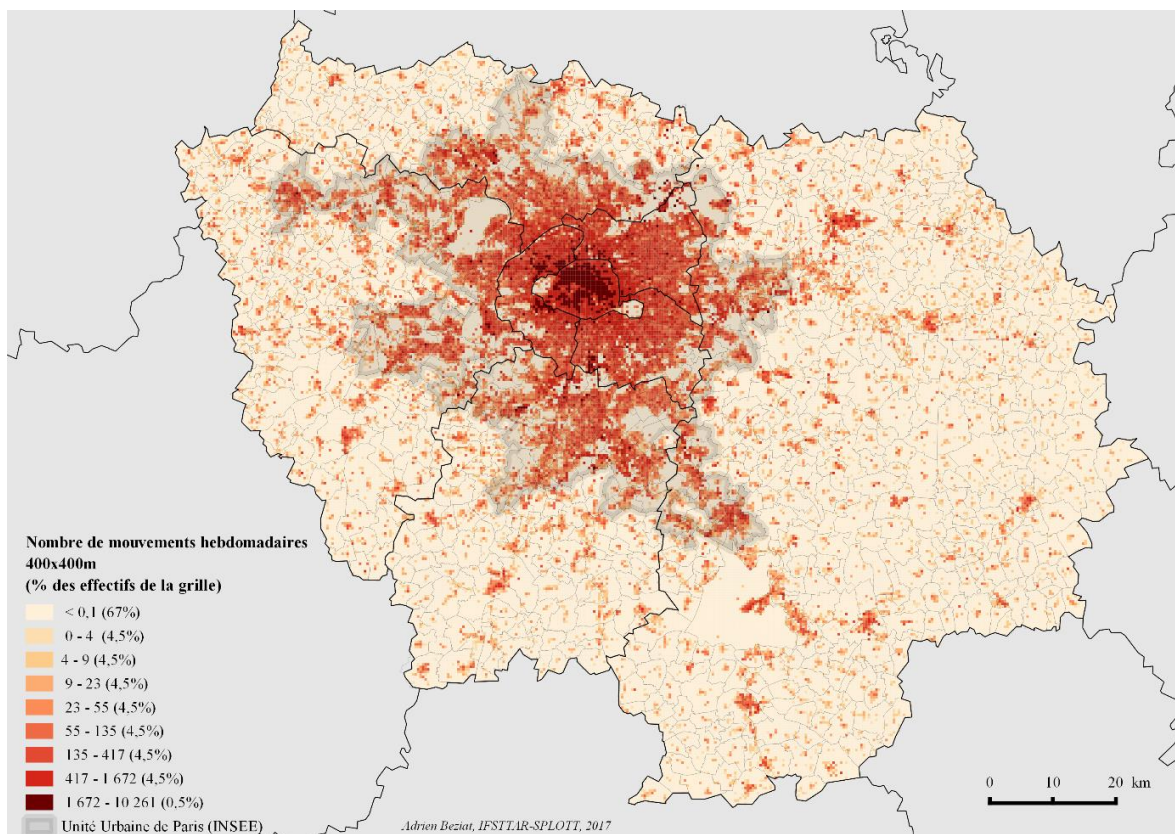


Figure 3.3.2 – Localisation des mouvements en Ile-de-France
(Source : ETMV-IDF, 2014, calculs de l'auteur)

Ce choix est rendu complexe par deux facteurs : à la fois parce que les deux tiers des zones de la grille ne contiennent qu'un nombre extrêmement faible de mouvements hebdomadaires ; et parce que la distribution des valeurs de génération par carreau de la grille n'est pas gaussienne, certaines zones de l'agglomération contenant un nombre extrêmement élevé de mouvements.

Pour cette raison, les discrétisations automatiques ne sont pas adaptées. Une discrétisation en classes d'amplitude égale ne permet pas de faire des distinctions fines des valeurs faibles, vu le nombre très important de zones vides, tandis qu'une discrétisation en classes d'effectifs égaux ne permet pas de distinguer les valeurs extrêmes élevées.

La discrétisation choisie permet de contourner ces deux écueils. Une classe de zones vides ou presque ($< 0,1$ mouvements hebdomadaires) est définie. Une classe de valeurs extrêmes est définie contenant les 0,5% les plus élevées. Le reste est discrétisé en classes d'effectifs égaux.

La géographie de la demande de marchandises est évidemment proche de la géographie économique de la région Ile-de-France. Les valeurs extrêmes, c'est-à-dire plus de 1 500 mouvements par semaine, sont concentrées dans les grands centres économiques de la région parisienne : la rive droite parisienne, une partie de la rive gauche centrée sur les quartiers de Saint-Michel et Montparnasse, le quartier d'affaire de la Défense à l'Ouest, les communes limitrophes de Paris de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux, voire le pôle tertiaire émergent de Saint-Denis.

D'autres pôles peuvent être distingués en périphérie : autour de l'aéroport de Roissy Charles-de-Gaulle, la zone du Marché d'Intérêt National de Rungis et de l'aéroport d'Orly. Certains carreaux plus isolés concernent généralement des regroupements de gros générateurs, comme des zones industrielles ou des zones logistiques.

La génération suit ensuite un gradient centre-périphérie autour des différentes agglomérations de l'Ile-de-France. L'unité urbaine³² parisienne, représentée sur la carte, permet d'observer la décroissance de la densité en périphérie, notamment les parties de l'agglomération situées en grande couronne. Les agglomérations secondaires de la région sont aussi visibles : Meaux, Provins, Bruyères-sur-Oise, Etampes, Nemours, Coulommiers, Fontainebleau, Montereau,

³² « La notion d'unité urbaine repose sur la continuité du bâti et le nombre d'habitants. On appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants. » Définition de l'INSEE.

Dourdan ou encore Rambouillet. Ces espaces sont à la fois caractérisés par des centres urbains avec des fonctions commerciales et servicielles traditionnelles plus ou moins développées, et par une périphérie souvent constituée de zones d'activités commerciales, industrielles et logistiques, souvent génératrices de flux.

La carte suivante (Figure 3.3.3) montre le nombre de kilomètres parcourus générés par les unités de la grille. Elle est visuellement relativement similaire à la carte précédente. On voit la concentration des valeurs extrêmes (les 0,5% les plus élevés) dans les zones centrales de l'agglomération : Paris, La Défense, le sud-ouest... On peut noter tout de même certaines petites polarités industrielles et logistiques en périphérie d'agglomération (Mitry-Mory, Marne-la-Vallée, Cergy-Pontoise, Les Mureaux, Melun...), ce qui est logique étant donnée l'impact de la distance au centre sur la fonction de la distance pour les mouvements. Le volume de mouvement fait toujours ressortir le centre économique de Paris (entre les 1^{er} et 8^{ème} arrondissements), mais le reste de la ville de Paris ressort moins nettement, au contraire de certaines zones en grande banlieue, notamment en dehors de l'agglomération.

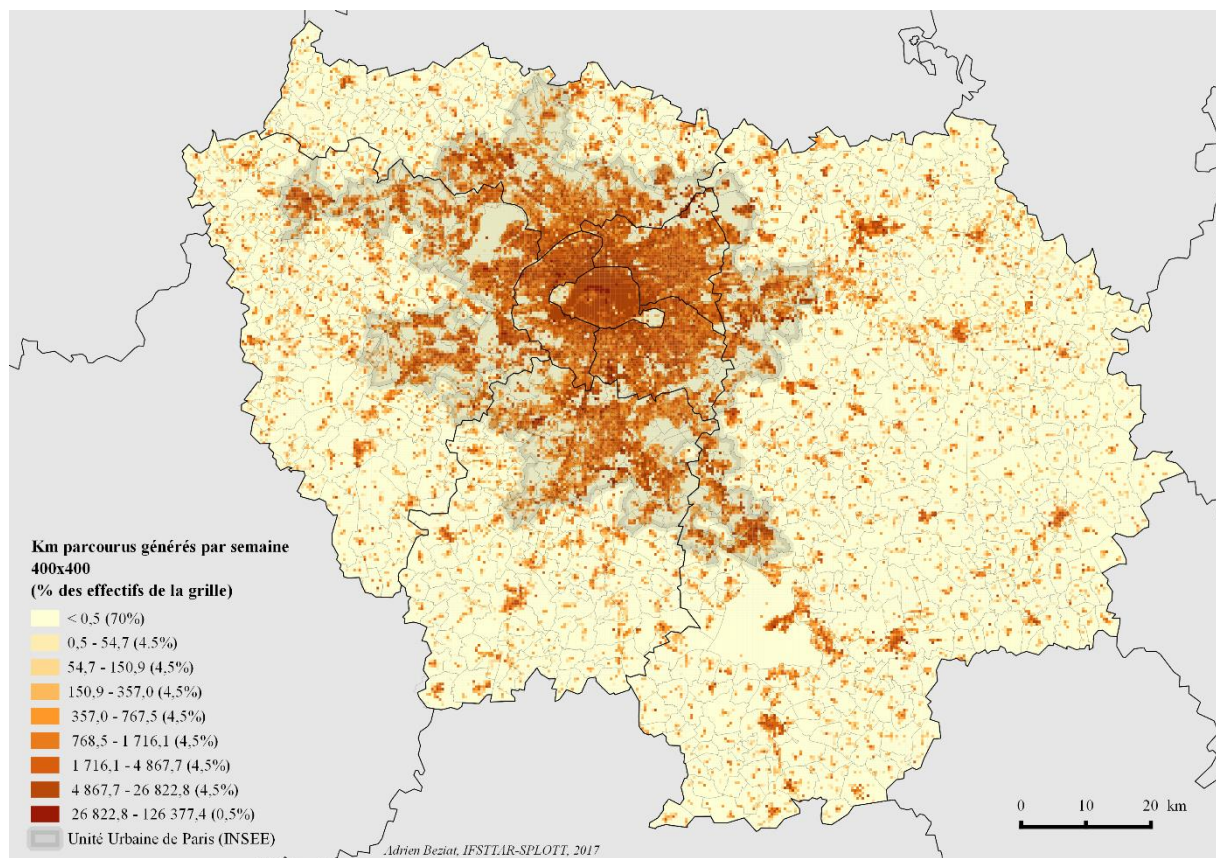


Figure 3.3.3 – Localisation des kilomètres parcourus générés par les établissements en Ile-de-France (Source : ETMV-IDF, 2014, calculs de l'auteur)

Ces deux cartes représentent à peu près la même chose : les polarités économiques de l’Ile-de-France, pondérées de diverses manières (génération des mouvements, tonnage généré, distances parcourues). Ces variables font plus ou moins ressortir certains types d’activités ou certaines localisations, mais les mêmes polarités ressortent dans tous les cas.

Les deux cartes suivantes (Figures 3.3.4 et 3.3.5) montrent l’Ile-de-France sous un jour un peu différent. La première montre le nombre de mouvements générés par emploi des activités dans un espace donné. Elle mesure « l’intensité logistique » du tissu économique d’une zone de l’agglomération, c’est-à-dire la plus ou moins grande propension des activités à générer des mouvements sur un territoire.

Evidemment, la physionomie de la région Ile-de-France change fondamentalement en utilisant cette mesure, par rapport aux cartes ci-dessus. Rappelons que la moyenne de mouvements par emploi pour l’Ile-de-France est de 0,74, ce qui est relativement faible par rapport aux résultats des enquêtes des années 1990 et de Bordeaux en 2010 et qui s’explique essentiellement par la structure spécifique de l’Ile-de-France, qui concentre énormément d’activités tertiaires peu génératrices (à l’unité) de mouvements.

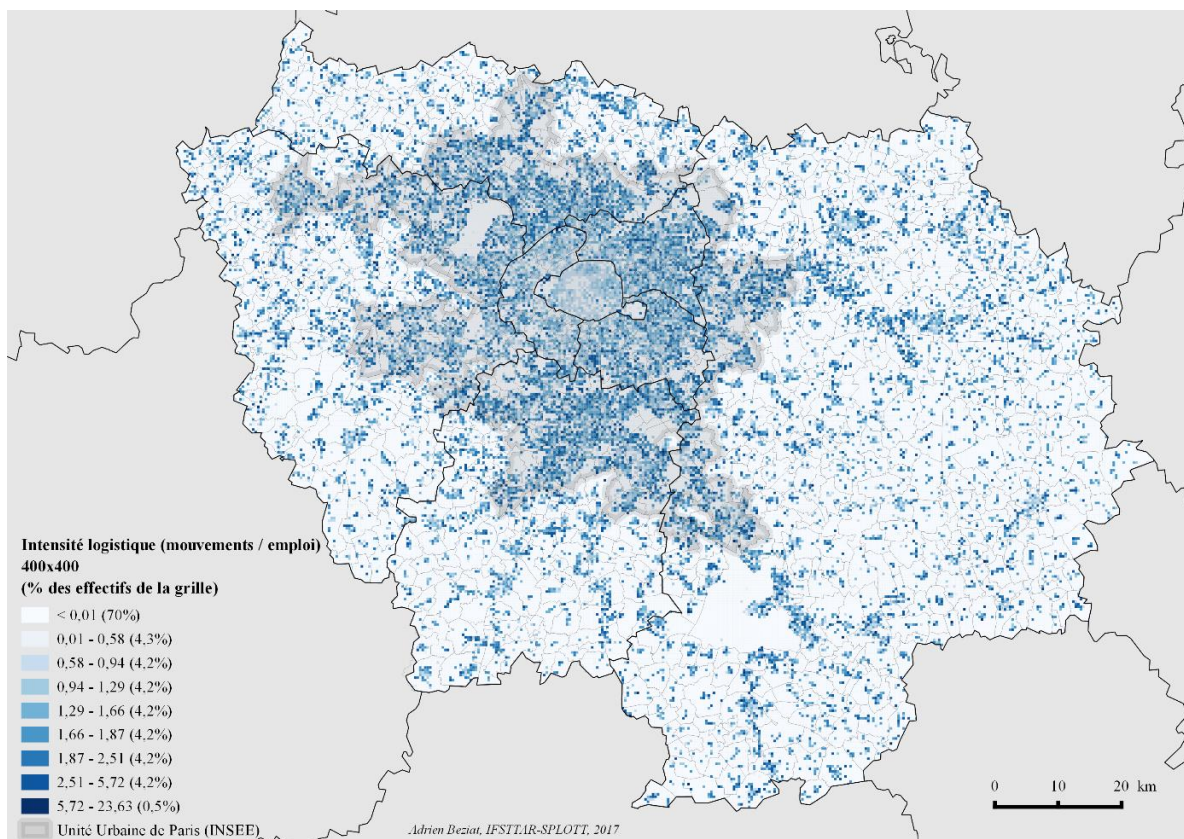


Figure 3.3.4 – Intensité logistique des espaces franciliens
(Source : ETMV-IDF, 2014, calculs de l’auteur)

La Figure 3.3.4 montre les différents niveaux d'intensité logistique en Ile-de-France : les zones fortement tertiaires et très faiblement génératrices du centre de l'agglomération (notamment dans Paris et l'Ouest de sa banlieue, les Hauts-de-Seine), et au contraire les zones fortement génératrices de flux en banlieues, qui représentent les espaces industriels, logistiques et commerciaux, souvent concentrés en banlieue dans des zones d'activités économiques installées dans les interstices du tissu pavillonnaire.

Enfin, la Figure 3.3.5 distingue les zones émettrices des zones expéditrices de marchandises en Ile-de-France, selon le pourcentage de mouvements qui sont des expéditions sur le total de mouvements. La Figure fait clairement ressortir les zones logistiques et les zones d'activités contenant de nombreux grossistes en Ile-de-France : l'aéroport de Roissy, Mitry-Mory, Aulnay-sous-Bois dans le Nord-Est, Rungis et Orly au Sud, le port de Gennevilliers au Nord-Ouest. Au contraire, les zones « consommatrices » de flux sont essentiellement situées dans le centre de l'agglomération, avec encore une fois Paris et les Hauts-de-Seine qui ressortent nettement dans cette catégorie.

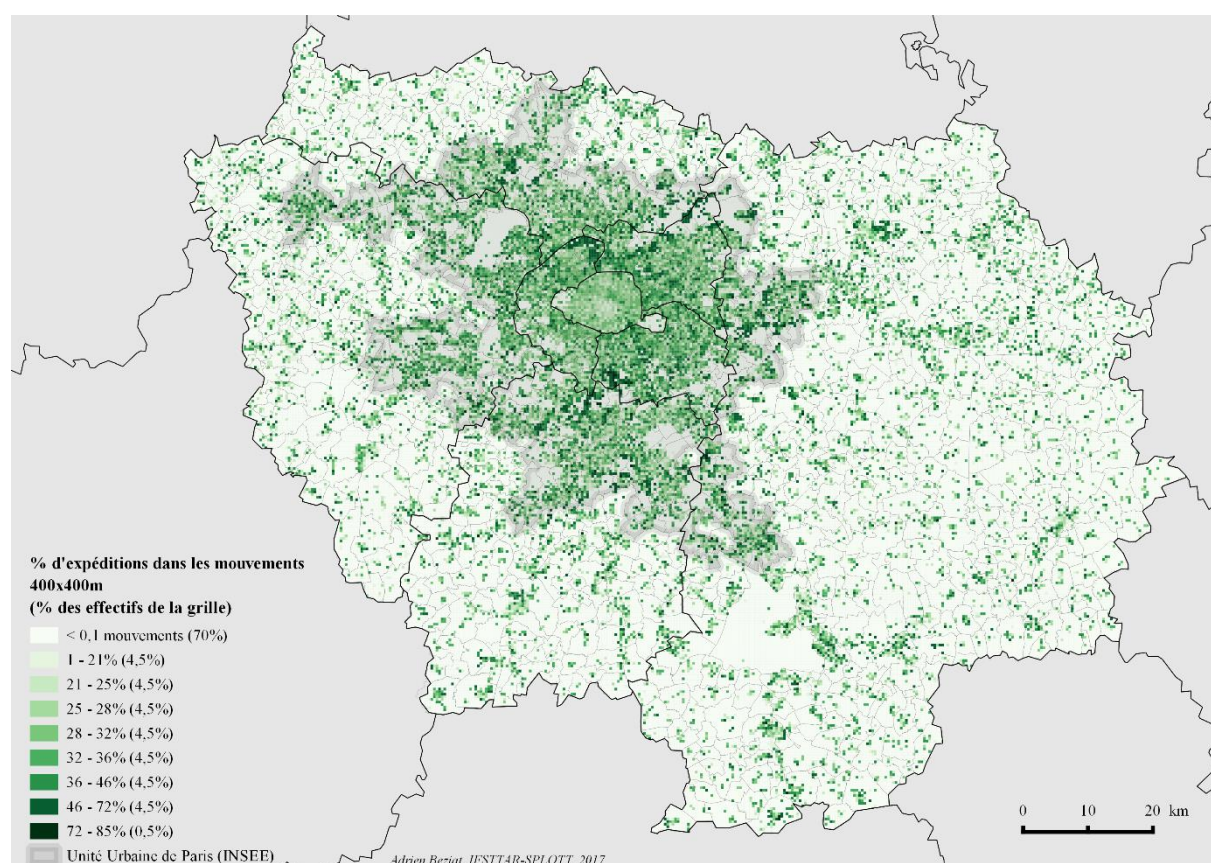


Figure 3.3.5 – Territoires émetteurs, territoires récepteurs en Ile-de-France
(Source : ETMV-IDF, 2014, calculs de l'auteur)

Ces cartes montrent les deux facettes de la région Ile-de-France : une zone centrale et des petits pôles secondaires en périphérie, constitués d'activités relativement peu génératrices de flux à l'unité, mais dont le nombre total conduit à une concentration très forte des mouvements (majoritairement des livraisons puisqu'il s'agit plutôt d'activités de bureaux, de commerces et de services plutôt « consommatrices » de livraisons). Et des zones périphériques, souvent très dispersées, contenant moins d'activités, mais plus génératrices de mouvements, avec une forte proportion d'expéditions.

L'un des points sur lequel nous souhaiterions insister est la concentration (et même l'hyperconcentration) des mouvements de marchandises en Ile-de-France. Ce point nous paraît pertinent dans le cadre d'une étude sur la congestion. Non seulement la région génère un nombre très élevé d'opérations de livraisons et d'enlèvements, mais ces mouvements sont générés dans un espace extrêmement restreint.

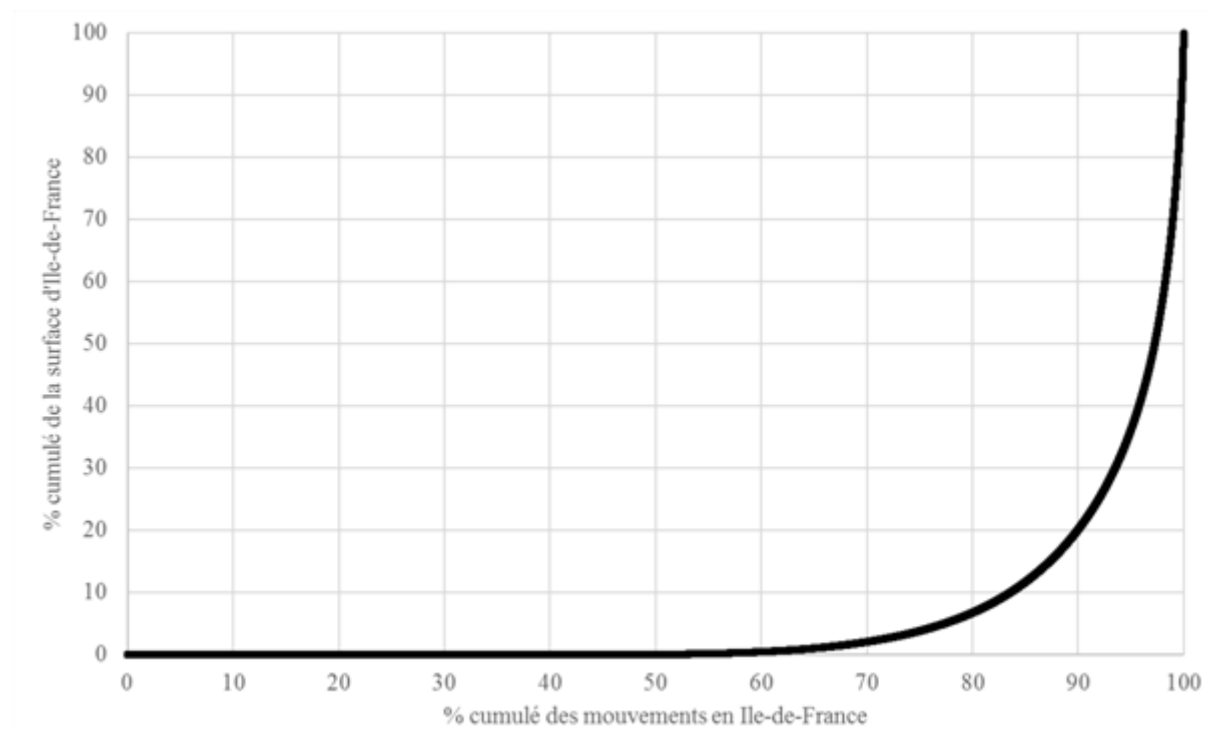


Figure 3.3.6 – Concentration des mouvements en Ile-de-France
(Source : ETMV-IDF, 2014, calculs de l'auteur)

Le graphique 3.3.6 montre le pourcentage cumulé de mouvements en rapport avec le pourcentage cumulé de surface de l'Ile-de-France (ce qui correspond à une courbe de Lorenz). Il montre cette concentration : environ 70% des mouvements franciliens sont concentrés dans environ 3% de carrés de la grille dessinée pour l'Ile-de-France. Environ 90% des mouvements

se retrouvent dans 20% de ces carrés. Cette extrême concentration se retrouve à des niveaux géographiques plus fins.

Si l'on prend la ville de Paris (Figure 3.3.7), qui concentre un peu plus d'un quart des mouvements de la région, on retrouve la même concentration extrême d'opérations. L'analyse se fait cette fois-ci non plus sur les carreaux de la grille mais sur des tronçons de route à laquelle chaque établissement a été attribué en faisant la correspondance entre le nom des rues et l'adresse de l'établissement.

Encore une fois, la concentration est extrême : on retrouve 70% des mouvements sur moins de 20% des kilomètres de voirie de la ville de Paris, et presque 90% des mouvements sur un peu moins de 40% des rues. Même au sein d'un espace déjà très dense (plus de 25% des mouvements dans un espace qui représente moins de 1% de la surface de la région), il y a une concentration sur un nombre relativement faible de kilomètres de voirie.

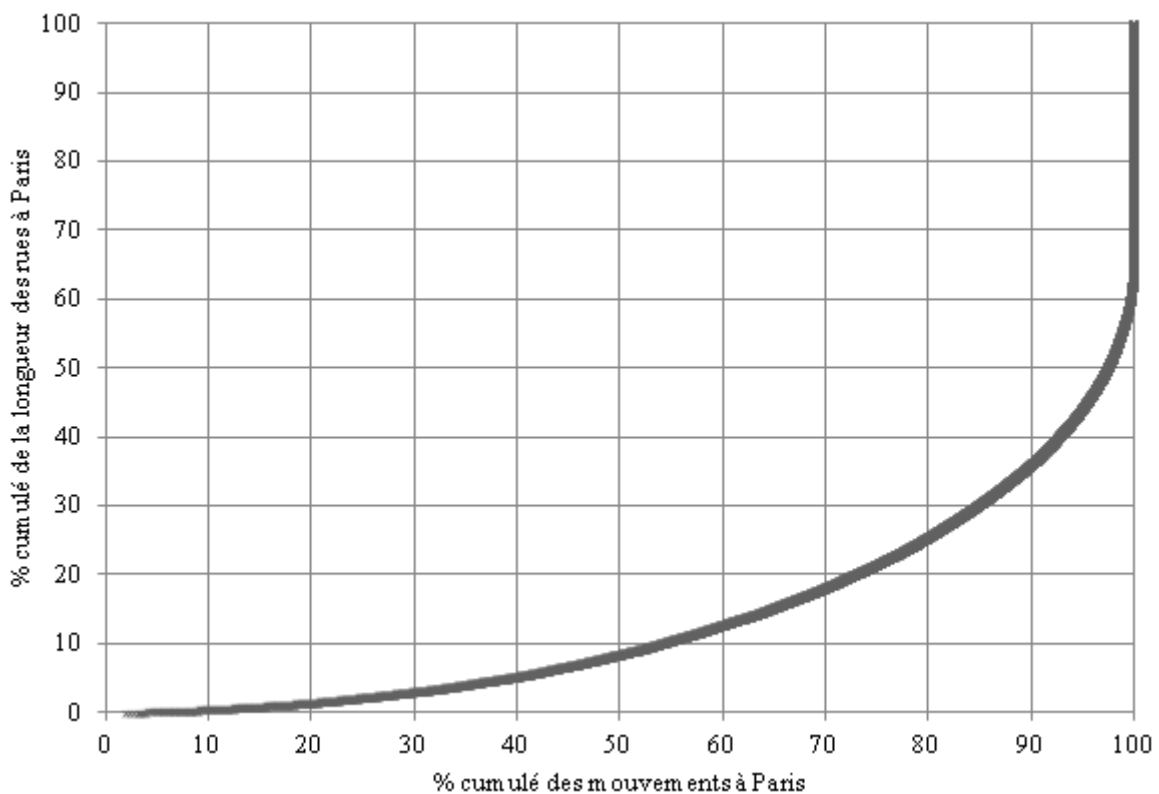


Figure 3.3.7 – Concentration des mouvements à Paris
(Source : ETMV-IDF, 2014, calculs de l'auteur)

Bien sûr, cette concentration de mouvements n'est pas isolée du reste des activités humaines. La Figure 3.3.8 ci-dessous montre, au niveau macro de la commune, la superposition des

mouvements et d'autres activités humaines (dont le niveau est représenté par la population, variable d'ailleurs très fortement corrélée avec l'emploi en Ile-de-France).

Les deux variables, nombre de mouvements et populations, sont divisées en quatre classes par leurs quartiles et permettent de construire une typologie de commune représentant en quelque sorte un « potentiel de conflits d'usage de la voirie ». Cette catégorisation représente aussi, accessoirement, les espaces où le risque d'exposition aux nuisances générées par le TMV est le plus fort.

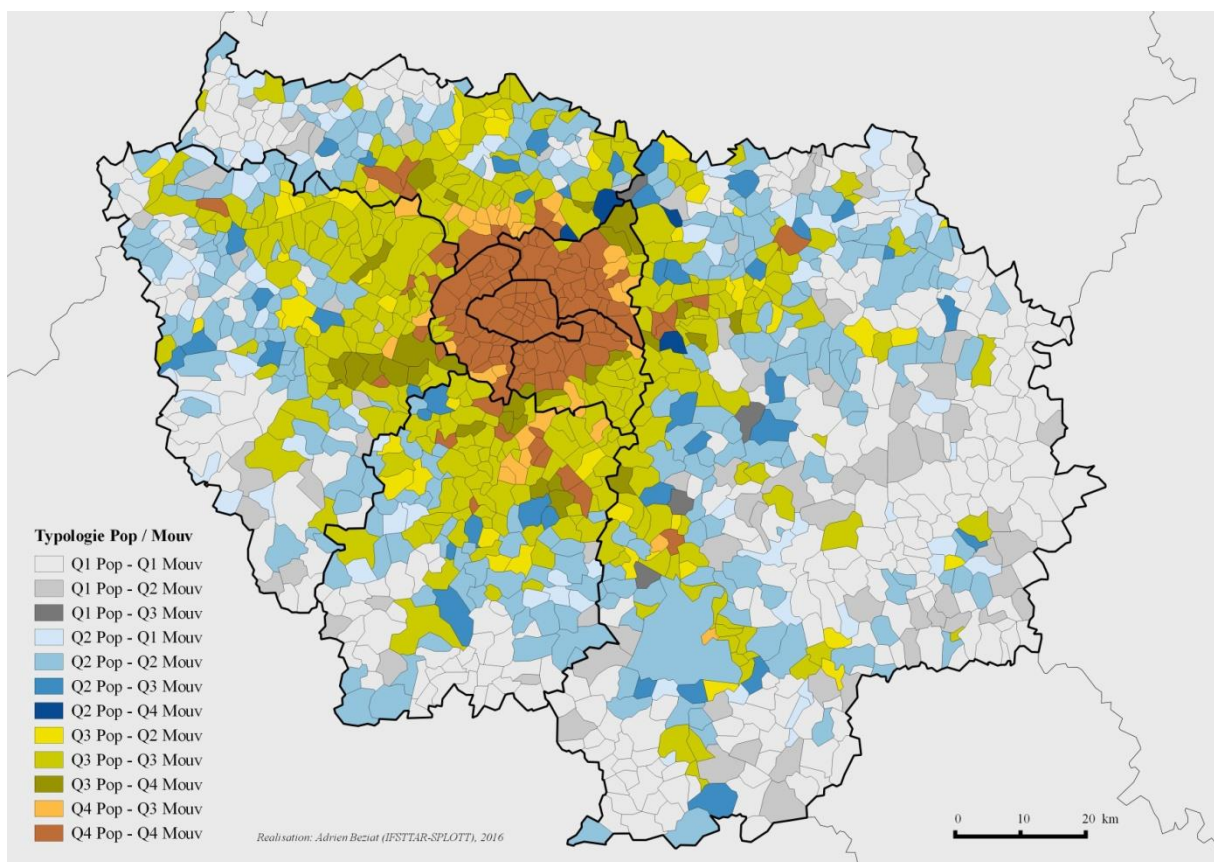


Figure 3.3.8 – La co-localisation des mouvements de marchandises et des activités humaines : potentiels de conflits d'usage de la voirie et exposition aux nuisances (source : auteur)

Plus les couleurs sont chaudes, plus le nombre de mouvements est élevé. Plus la teinte est foncée, plus la population est nombreuse. La couleur ocre du centre de l'agglomération est donc le lieu où les risques de conflits sont les plus élevés, puisque ces espaces sont parmi les 25% des communes comptant le plus de mouvements et le plus de population. Au contraire, les espaces bleus et gris foncés sont des espaces fortement générateurs de mouvements mais dont la population est relativement faible. Dans le courant de cette thèse, et notamment dans la Partie

3, nous tenterons d'affiner ce constat en nous intéressant à la mesure de la congestion en Ile-de-France.

Conclusion

Le chapitre 3 nous a permis de présenter notre démarche de modélisation à l'échelle de la région Ile-de-France. Nous mesurons à la fois le nombre de mouvements générés, leurs caractéristiques et les impacts potentiels qui en découlent sur l'environnement urbain. En fonction des attributs économiques et spatiaux d'une zone, ces impacts ne seront pas les mêmes.

Cette méthode de modélisation est fortement inspirée de la démarche de Freturb, adaptée en prenant en compte les possibilités de la seule enquête TMV-IDF. Cette démarche est ici aussi adaptée pour la présentation des résultats. Les grands types d'activités urbains sont, à notre avis, plus facilement lisibles en les ré-agrégeant comme nous l'avons fait. On s'aperçoit ainsi que mêmes des types d'activité relativement similaires peuvent avoir des impacts différents sur l'environnement urbain, en fonction notamment de la taille et de la localisation des secteurs d'activités en question.

L'étude géographique de la répartition des mouvements en Ile-de-France permet également de mieux comprendre le problème que posent les déplacements de marchandises, à cause notamment de leur hyper-concentration dans le centre de l'agglomération. Si la fréquence de déplacements des personnes ne change pas en fonction de leur localisation (voir chapitre 2), le mode de transport choisi peut varier.

En Ile-de-France, l'usage de modes de transports alternatifs massifiés est possible et même facilité au cœur de l'agglomération. Pour le transport de marchandises, étant donné les besoins en termes de flexibilité et de déplacements en porte-à-porte exprimés par les chargeurs, ce report modal n'est pas possible. L'effet de la densité, en termes d'impact produit par la consommation du transport, n'est pas atténué par la présence d'infrastructures de transport alternatives. La densité, souvent proposée comme modèle de la ville vertueuse (Reigner, et al., 2013), est donc plus problématique en ce qui concerne le transport de marchandises.

Bibliographie du chapitre 3

- Beziat, A., 2015. *Parking for freight vehicles in dense urban areas: the issue of delivery areas in Paris*. Washington D.C., USA, 94th Transportation Research Board Annual Meeting - Poster Session 730 – Urban freight parking research: To curb or not to curb.
- Cruz, C., 2011. *Le transport pour compte propre, un transport routier comme un autre ? : pratiques et territoires en France depuis la déréglementation*. Cergy-Pontoise: Thèse de doctorat: Université de Cergy-Pontoise.
- Gonzalez-Feliu, J., 2016. *La Logistique Urbaine Durable*. Saint-Etienne: Habilitation à Diriger des Recherches: Institut Mines Télécom.
- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Destro, L., Ban, X., Lawson, C. & Levinson, H. S., 2011b. Freight generation, freight trip generation, and the perils of using constant freight trips. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2224, pp. 68-81.
- Holguin-Veras, J., Lawson, C., Wang, C., Jaller, M., Gonzalez-Calderon, C., Campbell, S., Kalahashti, L. & Woktowicz, J., 2016. *Using Commodity Flow Survey Microdata and Other Establishment Data to Estimate the Generation of Freight, Freight Trips, and Service Trips: Guidebook*, Washington, D.C., USA: Pre-publication draft of NCFRP Research Report 37.
- Paché, G., 1998. Distribution alimentaire et prestation de services logistiques – Les singularités du modèle français. *Economie Rurale*, 245(1), pp. 49-55.
- Reigner, H., Brenac, T. & Hernandez, F., 2013. *Nouvelles idéologies urbaines - Dictionnaire critique de la ville mobile, verte et sûre*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Routhier, J.-L. & Toilier, F., 2007. *Freturb V3, a Policy Oriented Software of Modeling Urban Goods Movements*. Berkeley, USA, 11th World Conference on Transportation Research.

Conclusions de la partie 1

Le chapitre 1 a mis en évidence les enjeux théoriques que soulèvent les liens entre les formes urbaines et les pratiques de mobilité, qu'il s'agisse des déplacements de personnes ou de marchandises. La comparaison entre ces deux formes de mobilité dans leurs liens avec les formes urbaines permet d'ailleurs de mettre l'accent sur les spécificités du TMV.

Au cours du chapitre 2, nous avons exploré les méthodes quantitatives existantes permettant d'analyser à la fois les déplacements de marchandises en milieu urbain et leurs déterminants statistiques, à travers les grands indicateurs donnés par l'enquête TMV et leur exploitation dans le cadre des modèles de génération comme Freturb.

Le chapitre 3 a été l'occasion d'utiliser ces indicateurs statistiques et de développer notre propre modèle, en respectant le niveau de détail nécessaire pour représenter la réalité du TMV d'une manière la plus réaliste possible, tout en exploitant une enquête singulière. Ce travail nous a permis de dresser le portrait de la mobilité des marchandises en Ile-de-France : décrire quelles activités génèrent le plus de mouvements, quelles sont les caractéristiques de ces mouvements et par extension quels sont les impacts potentiels sur l'environnement urbain dans un premier temps. Ensuite nous avons analysé la localisation de ces mouvements et de leurs impacts, et l'hyper-concentration du TMV dans les zones les plus denses de l'agglomération, ce qui implique aussi une concentration des nuisances et de la demande d'espace de voirie.

Les résultats de cette première partie permettent de s'étendre sur l'état de l'art concernant les questions posées par les hypothèses 1 et 2 que nous avons présentées dans l'introduction générale de ce travail de thèse (liens entre caractéristiques opérationnelles du TMV d'une part, et formes urbaines et organisations logistiques d'autre part). Le rapport entre organisation logistique et mobilité des marchandises est surtout envisagée, dans le cadre urbain, du point de vue du fonctionnement interne des établissements qui consomment le transport, généralement à travers une variable proxy, leur type d'activité.

De manière plus subtile, la nature de l'opérateur de transport est prise en compte dans l'analyse, de manière simplifiée (compte d'autrui, compte propre expéditeur, compte propre destinataire). Le rapport entre les formes urbaines et les modalités opérationnelles des mouvements est principalement envisagé à travers des indicateurs agrégés, comme la densité ou la distance au centre d'une zone. Ces indicateurs fonctionnent bien à une échelle régionale et expliquent notamment la distance parcourue par les véhicules de marchandises.

Finalement, pourquoi l'analyse du rapport entre formes urbaines et transport de marchandises est-elle intéressante ? Comme on l'a vu dans cette partie 1, il s'agit de deux objets en interaction. D'après la littérature, le TMV semble avoir relativement peu d'impact sur les formes urbaines, étant donné la capacité des acteurs économiques du secteur à s'adapter et à faire baisser leurs coûts. Par contre, les formes urbaines ont un impact profond sur le TMV, impact qui se joue à plusieurs niveaux.

Cet impact est visible d'abord au niveau de la localisation des activités économiques, les formes urbaines « fonctionnelles » de la ville. Les formes urbaines de l'Ile-de-France sont typiques des formes urbaines de grandes villes européennes, qui se caractérisent notamment par l'extraordinaire concentration d'activités économiques variées dans le cœur de l'agglomération.

Mais cette densité est aussi la source d'effets négatifs. En Ile-de-France, une énorme part de la demande de mouvements de marchandises est concentrée dans une toute petite portion de l'espace (70% des mouvements dans seulement 3% de la surface environ), ce qui focalise les nuisances potentielles. De plus, cette concentration est souvent concomitante de celles d'autres activités, provoquant donc une mise en concurrence pour un espace déjà très restreint. D'autant plus que les centres-villes urbains sont des espaces où l'emphase est mise sur la « qualité » d'un espace public urbain « mis en scène » : ville des loisirs, ville touristique, ville branchée et gentrifiée, mais aussi ville verte à la mobilité « apaisée » (Reigner, et al., 2013).

Cela nous conduit à la deuxième forme de relation entre formes urbaines et transport que nous considérons : les formes urbaines « physiques » et les limitations qu'elles impliquent pour les opérations de TMV.

C'est le paradoxe, nous semble-t-il, de cette relation formes urbaines – transport. Il apparaît que les formes de la ville « verte » permettent la mise en place des conditions propices à l'utilisation de modes de transport doux ou massifiés, comme le constate la littérature sur les liens formes urbaines – transport. Encore que ces constats oublient souvent l'aspect socialement sélectif (Scherrer, 2013), et les impacts négatifs sur la mobilité des personnes (Reigner, et al., 2013; Koning, 2011).

Au contraire, les formes urbaines de la ville européenne contemporaine sont très problématiques pour le TMV. Les opérateurs de transport de marchandises ne disposent pas de la même marge de manœuvre que les passagers, étant données les difficultés considérables pour

mettre en place le report modal, ne serait-ce qu'à cause des exigences du transport porte-à-porte.

Ainsi, un petit commerce de centre-ville, où des clients viennent s'approvisionner à pieds ou en transport en commun, est plus efficace qu'un hypermarché de grande couronne accessible uniquement en voiture, du point de vue des déplacements consommateurs. Du point de vue des marchandises, au contraire, l'hypermarché de banlieue est considérablement plus efficace : l'approvisionnement est optimisé, réalisé par des grands véhicules bien remplis, ce qui a pour résultat un nombre de mouvements par semaine par emplois bien plus faible. De plus, cet hypermarché est en banlieue : c'est là que les formes urbaines sont le plus adaptées à ses opérations (largeur de la voirie, stationnement disponible), et là aussi que le potentiel de nuisances est le plus faible.

Dès lors, l'équilibre entre efficacité des déplacements des personnes, et celle des mouvements de marchandises est très délicat à trouver. Si la ville dense reste le modèle standard des villes européennes, ce qui est probablement le cas pour les années à venir étant données les orientations des documents de planification actuels (Région Ile-de-France, 2013), il reste donc à être capable de mesurer les impacts négatifs réciproques que s'imposent mutuellement les formes urbaines et le TMV.

Cette première partie soulève deux questions principales : comment aller au-delà des grands indicateurs statistiques pour étudier les formes de la mobilité des véhicules de TMV ? Et une fois analysé le rapport entre formes urbaines, localisation et caractéristiques des opérations de transport, comment mesurer les impacts de ces opérations sur l'environnement urbain, notamment en termes de congestion routière ?

La partie 2, dans un premier temps, est l'occasion de passer outre les variables proxys étudiées dans cette première partie et d'explorer plus en détail les hypothèses 1 et 2 : l'importance de prendre en compte l'organisation logistique d'une part, et les formes urbaines d'autre part pour comprendre les modalités des déplacements des chauffeurs-livreurs en milieu urbain.

Dans la partie 3, nous étudierons en même temps l'impact du transport de marchandises en ville sur la formation de la congestion (donc l'impact du TMV sur la ville), mais aussi l'impact des formes urbaines sur la congestion dont souffrent les opérateurs de transport de marchandises (donc l'impact de la ville sur le TMV).

Nous tenterons, comme nous l'avons fait dans le chapitre 3, de distinguer plusieurs choses : à la fois l'impact d'un élément sur son environnement (un poids lourd par exemple), le nombre d'éléments présents dans cet environnement (le nombre de poids lourds), et l'impact effectif de cet élément étant donné son environnement (l'impact différencié selon la localisation de l'opération de transport).

Partie 2 – ANALYSE DES DETERMINANTS DE L'OCCUPATION DE LA VOIRIE : CIRCULATION ET STATIONNEMENT DES VEHICULES DE TMV

Introduction de la Partie 2

Il existe, dans la littérature, de multiples définitions du TMV. La définition la plus basique prend en compte l'ensemble des livraisons dans une ville (McDermott, 1980). En réalité, on peut aussi prendre en compte non seulement les livraisons, mais aussi les enlèvements, la logistique des retours, les livraisons à domicile, ou le transport d'équipements de construction. On pourrait aussi ajouter à cela les déplacements d'achat des ménages (Toilier, et al., 2005). Ces définitions permettent de rappeler que nous traitons d'un objet complexe à multiples facettes.

Taniguchi, et al. définissent la logistique urbaine comme « *le processus visant à optimiser les activités de logistique et de transport des compagnies privées [...] dans les agglomérations en prenant en compte les questions d'environnement, de congestion, de sécurité et d'économies d'énergie, dans le cadre de l'économie de marché* » (Taniguchi, et al., 2001). Cette logistique doit garantir la mobilité des marchandises, la durabilité de cette mobilité et l'habitabilité des centres-villes (Taniguchi & Thompson, 2003).

Mettre en place cette logistique urbaine est donc une tâche complexe, avec des dimensions parfois contradictoires, mais aussi des acteurs aux objectifs potentiellement opposés : les transporteurs, les chargeurs, les récipients de la marchandise, les autorités locales et les habitants de l'espace urbain concerné (Macharis & Melo, 2011; Macharis & Milan, 2015).

Dans ce domaine caractérisé par une telle complexité, cette thèse aborde uniquement le TMV inter-établissements. Pourtant, rien que dans ce domaine, les considérations décrites plus haut sont, à notre avis, loin d'épuiser le sujet de la complexité du TMV. Les déplacements urbains de marchandises peuvent recouvrir des situations variées à l'extrême, de la livraison en poids lourds de plusieurs tonnes de marchandises en camion articulé dans un hypermarché périurbain, à la livraison d'un colis léger de moins d'1 kg, en vélo, dans un bureau de centre-ville.

Dans cette partie 2, nous nous concentrons uniquement sur les opérateurs de transport, au sens large. En effet, nous prenons en compte dans notre analyse à la fois l'entreprise qui produit le transport, et le chauffeur-livreur qui le réalise concrètement. Nous décrivons les opérations qui en résultent, et leurs caractéristiques opérationnelles. La démarche de cette partie est différente de celle des parties 1 et 3. Elle est en effet plutôt exploratoire et théorique, basée sur des statistiques descriptives et des considérations qualitatives basées sur des entretiens et des revues de littérature.

Dans le chapitre 4, nous choisissons tout d'abord de nous concentrer sur la question des véhicules de livraisons en circulation, à partir des données de l'enquête TMV chauffeurs-livreurs. Comme décrit dans la partie 1, les transporteurs mettent en place, en fonction de leurs ressources, des procédés industriels spécifiques pour répondre à leurs propres besoins (compte propre) ou aux besoins de leurs clients (compte d'autrui). Des secteurs se structurent en conséquence, plus ou moins spécialisés, avec des transporteurs qui produisent des services aux caractéristiques opérationnelles différentes.

Dans le cadre de ce chapitre 4, nous identifions ces services pour catégoriser les opérateurs de transport et décrire les caractéristiques opérationnelles de leurs parcours. Notre démarche est originale et qualitative, et repose sur des entretiens et de la revue de littérature. Elle nous permet de décrire des tournées de différents secteurs logistiques, ce qui est un manque très important de la littérature (Allen, et al., 2014; Holguín-Veras & Jaller, 2014).

Dans le chapitre 5, nous nous concentrons ensuite sur l'occupation du sol par les véhicules de marchandises en situation de stationnement. Cette occupation du sol est analysée à partir des données de plusieurs enquêtes que nous décrirons en détail. A l'aide d'une revue étendue de la littérature sur les décisions de stationnement (passagers et marchandises confondus), nous décrivons les principaux ressorts du choix de stationnement identifiés dans la littérature.

Nous utilisons ensuite les données à notre disposition pour observer empiriquement ces relations (pour les véhicules de marchandises) à travers différentes exploitations statistiques de nature descriptive. Nous nous concentrons en particulier sur les caractéristiques logistiques de l'opération de livraison (ou d'enlèvement), mais aussi sur les formes urbaines et leurs relations avec le choix des chauffeurs-livreurs.

Chapitre IV – Etude de la forme des parcours : organisations logistiques, contraintes spatiales et temporelles

Introduction

La démarche de ce chapitre 4 est différente de celle exposée au cours de la 1^{ère} partie. Notre objectif, au cours de ce chapitre, n'est pas de modéliser les mouvements de marchandises à l'échelle régionale afin d'en estimer les impacts.

Nous souhaitons plutôt entrer dans le détail des déterminants de la circulation des marchandises en milieu urbain. Les modalités d'occupation de la voirie générées par le TMV sont à différencier en fonction de l'organisation logistique des opérateurs de transport. Il existe, à notre connaissance, très peu de connaissance quantitative empirique sur la forme des tournées de marchandises en milieu urbain (Figliozzi, 2007b).

Le constat académique que les compétences des services techniques des autorités locales ne sont pas aussi développées pour le TMV que pour le transport de passager a souvent été fait (Ballantyne & Lindholm, 2013). Cette situation semble être en train d'évoluer, et la montée en compétences semble rapide dans plusieurs grandes villes dans le monde.³³ Par exemple Ian Wainwright, représentant de *Transport for London*, affirme qu'aujourd'hui, « *the Mayor and TFL 'get' freight* ». Par contre, une autre question se pose : « *do they also 'get' supply-chain?* » (Wainwright, 2016).

Les collectivités locales ont pris conscience des enjeux liés au TMV (comme l'occupation de la voirie par les véhicules de marchandises), et des solutions potentielles qui peuvent être appliquées. Elles semblent maintenant en demande d'une connaissance approfondie et étendue aux questions de *supply-chain* et d'organisation logistique permettant d'expliquer cette occupation de la voirie en milieu urbain. Il nous semble donc pertinent de faire le lien entre organisation logistique des transporteurs et occupation de la voirie en milieu urbain pour contribuer à ce débat.

³³ La conférence de l'*Urban Freight Platform* à Goteborg a par exemple fait intervenir plusieurs représentants des agences d'urbanisme ou des services de transport de plusieurs collectivités locales du nord de l'Europe (*Transport for London*, la ville de Stockholm, la ville de Copenhague, la *Norwegian Public Road Administration*, pour en citer quelques-uns) pour présenter leurs plans de gestion du TMV.

Dans le cadre de ce chapitre 4, nous proposons une démarche qualitative, détaillée et désagrégée, afin de proposer des types de parcours, que nous décrivons par des statistiques quantitatives. Notre unité d'analyse dans le cadre de ce chapitre concerne les parcours de marchandises : les enchaînements de tractions et d'opérations de chargement / déchargement des véhicules.

Dans la section 1 de ce chapitre, nous proposons une revue de littérature sur les connaissances empiriques qualitatives et quantitatives disponibles sur l'organisation des parcours en milieu urbain. Dans une seconde section, nous exposons les données et notre démarche pour décrire les parcours de la région. A l'aide des données de l'enquête « Chauffeurs-Livreurs » de l'ETMV, nous proposons une typologie des différents parcours.

Cette typologie est réalisée sur la base de critères qualitatifs et de la littérature (particulièrement la presse spécialisée) concernant les marchés du TMV. Elle se base sur notre compréhension de l'organisation logistique des transporteurs. Cette recherche peut à notre avis contribuer à la fois à une compréhension théorique des organisations logistiques et de l'importance de les prendre en compte, et à une réflexion plus générale en termes de politiques publiques, ce que nous présentons en conclusion de ce chapitre.

4.1 Parcours des marchandises en ville et connaissances empiriques : revue de littérature

4.1.1 Formes des parcours urbains et connaissances qualitatives

L'analyse du transport de marchandises en ville ne peut pas se limiter au déplacement d'une quantité de marchandises d'un point à un autre. Il faut en effet distinguer les origines et destinations des marchandises de celles des véhicules, les deux ne correspondant pas forcément. Dans le cadre du transport routier de lots complets³⁴ qui, pour simplifier, concerne du transport de marchandises interurbain entre des centres de productions et des centres de distribution, ces deux formes se confondent souvent.

³⁴ Le transport par « lot complet » désigne une opération de transport pour laquelle l'intégralité de la charge du véhicule est destinée à un seul client.

Cela dit, la demande de livraisons urbaines, en raison de l'organisation interne des chargeurs (espace de stockage disponible, planning des commandes), concerne souvent des quantités relativement modestes de marchandises (voir chapitres 1 et 3). Les transporteurs, pour ne pas faire circuler des véhicules mal remplis, regroupent les lots de leurs différents clients et desservent plusieurs destinataires.³⁵

La traction de marchandises peut se faire de « point à point », généralement si le chargement est suffisant pour justifier un trajet de ce type ou si l'urgence de la demande du chargeur empêche toute opération de groupage³⁶ des marchandises. Plus souvent, les mouvements sont réalisés au sein de tournées, c'est-à-dire d'enchaînements d'opérations de traction et d'opérations de livraisons et / ou d'enlèvements.

Afin de clarifier notre propos, nous allons maintenant définir certains termes provenant des recherches issues du programme TMV et que nous employons dans cette section, qui permettent de développer notre réflexion sur ces questions. Tout d'abord, nous parlons de « parcours » pour désigner l'itinéraire suivi par le véhicule depuis le lieu de chargement de la marchandise jusqu'au lieu de livraison final, ou jusqu'à l'éventuel retour à vide au point de départ du véhicule.

Sur le modèle de la terminologie adoptée par les chercheurs du programme TMV, nous désignons les parcours avec deux mouvements (maximum) comme des « traces directes » : il s'agit généralement d'un chargement sur un lieu, d'une traction pour livrer le chargement, et d'un retour au point de départ, souvent à vide ; ou alors d'un départ à vide, d'un chargement dans un établissement, et d'un retour au point de départ pour déchargement. Nous désignons les parcours avec plus de deux mouvements comme des « tournées », des itinéraires effectués sans retour intermédiaire au point de départ et comportant plusieurs points de livraisons ou d'enlèvements.

Les parcours peuvent prendre des formes très variées et plus ou moins complexes. La Figure 4.1.1 montre deux parcours : une tournée (les flèches noires) et une trace directe (les flèches

³⁵ Au contraire un transport de « lot partiel » signifie que le lot du client n'occupe qu'une partie du véhicule. Pour rentabiliser le trajet, et dans la mesure du possible, le transporteur consolide les lots d'autres clients, en prenant en compte les impératifs de délais impartis.

³⁶ L'opération de groupage consiste à réunir les envois de marchandises en provenance de plusieurs expéditeurs ou à l'adresse de plusieurs destinataires, et à organiser et faire exécuter l'acheminement du lot ainsi constitué par un transporteur.

rouges). La tournée part d'un dépôt de la zone a, effectue quelques livraisons et réalise un enlèvement dans la zone b. La marchandise enlevée dans la zone b est ensuite livrée dans un établissement de la zone c. Les livraisons de marchandises venant du dépôt de la zone a vont ensuite continuer jusqu'en zone d, puis le véhicule revient à vide au dépôt de la zone a. Le véhicule effectuant le parcours en trace directe part à vide d'un dépôt de la zone a, va réaliser un enlèvement en zone e, et revenir chargé au dépôt de la zone a.

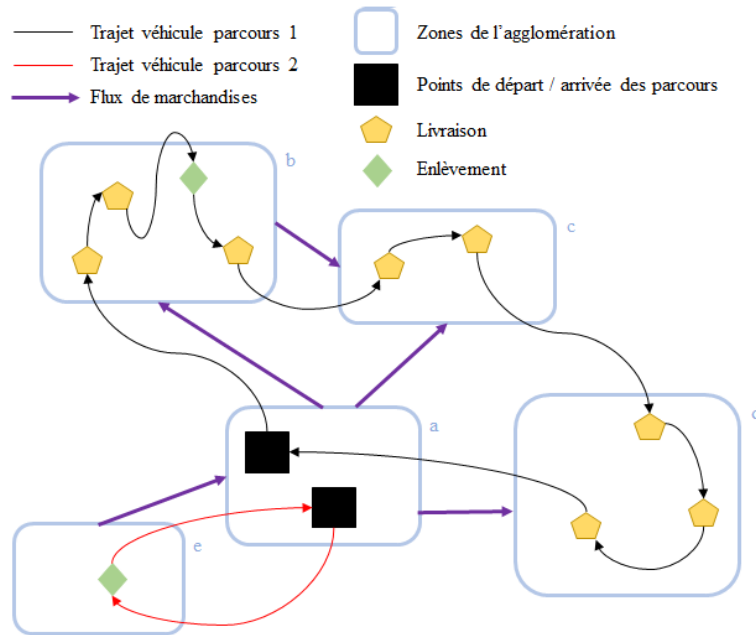


Figure 4.1.1 – Schéma d'une trace directe et d'une tournée : distinction entre les flux de marchandises et les trajets de véhicules (Source : auteur)

Comme le montre le Tableau 4.1.1, les origines – destinations pour les marchandises et pour les véhicules sont complètement différentes, ce qui montre l'importance de prendre en compte les formes des tournées de marchandises dans une analyse sur les déplacements de marchandises en agglomération si l'on s'intéresse à l'occupation de la voirie par les véhicules de livraisons.

De / Vers	Zone a	Zone b	Zone c	Zone d	Zone e
Zone a	0	0	0	1	1
Zone b	1	3	0	0	0
Zone c	0	1	1	0	0
Zone d	0	0	1	2	0
Zone e	1	0	0	0	0

De / Vers	Zone a	Zone b	Zone c	Zone d	Zone e
Zone a	0	0	0	0	1
Zone b	3	0	0	0	0
Zone c	1	1	0	0	0
Zone d	3	0	0	0	0
Zone e	0	0	0	0	0

Tableau 4.1.1 – Matrice OD des véhicules (à gauche) vs. Matrice OD des marchandises (à droite) d'après le schéma de la Figure 4.1.1 (Source : auteur)

Malgré les difficultés à travailler à partir de données chiffrées précises (Figliozzi, et al., 2007) sur les formes des tournées, il existe une littérature qui s'intéresse aux caractéristiques opérationnelles de l'activité des transporteurs. Cette activité peut s'analyser à deux niveaux, que nous aborderons l'un après l'autre : le niveau du chauffeur-livreur, qui réalise effectivement le parcours et prend des décisions en temps-réel en fonction des aléas et des contraintes organisationnelles auxquelles il fait face ; et le niveau de l'entreprise, qui réalise un service et organise d'une certaine manière les parcours à un niveau « macro ».

Le niveau du chauffeur-livreur ne sera qu'effleuré dans le cadre de ce travail de thèse, puisque son analyse nécessiterait la réalisation d'entretiens individualisés avec des chauffeurs-livreurs. Cette approche, développée notamment en sociologie et en ergonomie, existe et mérite d'être mentionnée pour mettre en perspective une analyse des déterminants de la forme des parcours. Les travaux de Céline Cholez (2002a, 2002b), notamment, offrent un éclairage dans ce domaine. Plusieurs aspects des pratiques professionnelles des chauffeurs-livreurs en milieu urbains sont mis en avant.

D'abord, la « débrouillardise » des chauffeurs-livreurs : ce sont souvent eux-mêmes qui organisent leurs parcours, étant donnée leurs connaissances sur leurs secteurs de travail.³⁷ Le métier des chauffeurs-livreurs constitue souvent une « boîte noire » pour leurs employeurs et les résolutions d'éventuels incidents rencontrés sont souvent ignorées par la hiérarchie. Ceci s'explique en partie par la relative indépendance des chauffeurs-livreurs (beaucoup sont des artisans ou transporteurs indépendants à qui les parcours sont sous-traités).

Les chauffeurs-livreurs sont soumis à des contraintes de plusieurs ordres (Cholez, 2002a). Le premier type de contrainte est organisationnel et concerne l'activité du livreur, dont les impératifs peuvent parfois être contradictoires les uns avec les autres. Il leur faut livrer le plus vite possible certes, mais assurer le service clientèle de l'entreprise et agir comme un commercial. « *Débrouillez-vous mais livrez le plus de marchandises possibles* », d'un côté, mais le sens commercial du livreur doit lui dicter « *d'être entièrement tourné vers son client* » et de « *tout faire pour le satisfaire* », d'un autre côté (Cholez, 2002b).

Un exemple concret : « *pour soigner [le] service* » les chauffeurs-livreurs ont comme instruction de mettre « *le colis là où le client le souhaite* » dès que cela lui semble possible, ce

³⁷ Notons que ces recherches datent d'une quinzaine d'années et il est possible que l'organisation de l'activité via des outils d'aide à la décision et d'optimisation des tournées prenne une proportion accrue de nos jours.

qui peut occasionner des temps de livraisons plus longs, et donc des retards en cascade et un volume de marchandises livrées moins important. Tous ces aspects de l'organisation du parcours sont laissés à l'appréciation du chauffeur-livreur. Il en est de même, par exemple, pour le choix de l'outil de manutention approprié ou les opérations d'organisation du véhicule et de son chargement afin de faciliter l'ouverture du véhicule, d'améliorer la répartition de la charge ou encore d'optimiser l'accès aux marchandises en fonction de l'ordre du parcours (Renaut, 1987).

D'autres contraintes sont d'ordre spatial, particulièrement dans le cadre de longues tournées. Les chauffeurs-livreurs en distinguent eux-mêmes trois types (Cholez, 2002b) :

- Les tournées de « campagne », c'est-à-dire hors de l'agglomération, caractérisées par le nombre important de kilomètres parcourus, où le rapport distance / temps est la principale difficulté à maîtriser pour les chauffeurs-livreurs.
- Les tournées de « périphérie », concernant les zones industrielles, commerciales, et les communes périurbaines. L'accès aux zones industrielles, logistiques ou commerciales est souvent complexe. En effet, leur plan de circulation est souvent contraignant et les rues sont parfois saturées aux heures de pointe.
- Les tournées de « centre-ville », les plus complexes, congestionnées et stressantes : rencontre de flux hétérogènes, de rues étroites, de zones piétonnes, de signalisations avantagant d'autres modes, souvent sans espace de stationnement.

Afin de s'adapter, les chauffeurs-livreurs doivent s'en remettre à leur expérience et leur savoir-faire (Caron, 1991). Ces connaissances amassées individuellement et collectivement, leur permettent de classer la tournée en fonction de critères aussi bien temporels que spatiaux (Cholez, 2002b) : construction d'un « plan mental » mobilisable à tout moment, connaissance de la localisation et des horaires de la congestion dans son secteur, ou encore expérience du passage d'autres véhicules encombrants (éboueurs, bus, collègues...).

Ce rapide état des lieux permet de mettre en perspective le fait que les déterminants des parcours de véhicules de marchandises sont parfois d'ordre du particulier et du personnel et dépendent des compétences d'un individu et de sa capacité à gérer les contraintes organisationnelles et spatiales auxquelles il fait face.

Le deuxième niveau d'analyse de l'activité des transporteurs se situe à l'échelon de l'entreprise qui réalise le transport. Les entreprises de transport ont aussi leurs propres contraintes, déjà évoquées dans le chapitre 1 de cette thèse. Elles doivent répondre aux exigences de leurs clients,

en fonction de coûts fixes (coûts de détention de véhicules, d'infrastructures), kilométriques (carburant, usure du véhicule, usage de l'infrastructure autoroutière) et temporels (salaires, frais de déplacements), le tout dans l'environnement hautement concurrentiel et les prix très bas pratiqués qui caractérisent le secteur du TMV (CCTN, 2014).

Les parcours s'organisent en fonction de ces caractéristiques : il est nécessaire pour les transporteurs de trouver le point d'équilibre entre des considérations techniques et économiques (Patier, et al., 2004). Techniques, puisque le gabarit du véhicule va faciliter ou permettre l'accès à certaines destinations (impossibilité de manœuvrer des très grands véhicules dans les infrastructures étroites des centres-villes). Et économiques, puisque le choix du véhicule et de la forme du parcours va permettre une plus ou moins grande massification des flux de marchandises (qui va aussi dépendre de la marchandise transportée : sa nature, son conditionnement et son poids).

Cette massification est nécessaire, étant données les caractéristiques de beaucoup d'envois urbains, souvent très fréquents et de petite taille, notamment en raison de l'absence de lieux de stockage dans beaucoup de petits établissements économiques urbains (Giuliano, et al., 2013). D'un autre côté, la proximité des clients potentiels, pour les transporteurs, permet de desservir plusieurs d'entre eux en un temps relativement réduit. Le point d'équilibre, pour le transporteur, est atteint lorsque le rapport entre nombre de kilomètres parcourus et de clients facturés permet d'assurer la pérennité économique de l'activité.

En fonction des particularités de la demande d'un ou de plusieurs clients, les entreprises s'organisent pour proposer des prestations différentes. Certaines analyses ont par exemple tenté de catégoriser les flux de marchandises en ville en « filières » (Patier, et al., 2004; Browne, 2000). Patier, et al., 2004 proposent deux exemples : la filière de la boulangerie qui fonctionne via des livraisons de commerces depuis une boulangerie industrielle située en périphérie de l'agglomération en suivant des tournées à l'ordre régulier et préétabli ; celle des magasins de vêtements franchisés, qui reçoivent un quota quotidien ou hebdomadaire de produits imposés par le chargeur.

On peut également parler par exemple des groupes de la grande distribution (Sauvage, 1995), dont la logistique est intégrée et confiée à des grandes entreprises (DHL réalisant une partie de la logistique d'Auchan, par exemple) ou à des filiales ad hoc (Samada pour Monoprix), et dont les tournées (souvent sous-traitées) desservent généralement plusieurs magasins du groupe du

même secteur. La distinction entre « filières » est pertinente en raison des caractéristiques opérationnelles des opérations de transport qui en découlent.

Les approches par types d'opérateurs, ou par « acteurs » du transport de marchandises et de la logistique sont également intéressantes. Il existe une littérature assez descriptive sur le sujet, avec des panoramas des opérateurs du transport et de la logistique (Artous & Salini, 2005; Savy, 2011) et des services qu'ils proposent. Elle a été notamment mobilisée dans la littérature pour distinguer les acteurs de la logistique (Raimbault, 2014), et ceux de la messagerie et du transport (Beyer, 1999). La distinction qui est faite entre les entreprises est fondée sur les procédés industriels disparates que mettent en place les entreprises qui produisent du transport.

Le concept mobilisé par Nicolas Raimbault et Antoine Beyer est celui des « marchés », au sens qu'on lui donne en économie industrielle (Scherer & Ross, 1990; Morvan, 1991) : un système d'échanges où se rencontrent une offre (ici, de services) et une demande, et par extension un secteur d'activité dans lequel un ensemble d'entreprises proposent des services dont les caractéristiques dépendent d'un arbitrage réalisé entre exigences des clients et possibilités de l'offre. A ce marché du TMV, il nous semble nécessaire d'ajouter les processus industriels internes aux entreprises qui réalisent leur propre transport (en compte propre).

Dans ce chapitre, nous distinguons des secteurs d'activité du TMV, au sein desquels opèrent des entreprises proposant des services avec certaines caractéristiques, souvent en concurrence les unes avec les autres, pour répondre aux besoins de leurs clients, ainsi que des entreprises choisissant de réaliser leur propre transport. Il n'est pas de notre propos, dans le cadre de ce travail de thèse, de développer le concept de « marchés » ou de décrire le processus de structuration des marchés du TMV. Nous nous contentons simplement de constater, d'après des entretiens et des revues de littérature concernant les acteurs de la logistique et du transport, que ces secteurs existent, et que les entreprises qui les composent mettent en place différents procédés industriels. En fonction de la demande, les opérateurs de transport vont mettre en œuvre des moyens nombreux et variés, aux caractéristiques opérationnelles différentes.

4.1.2 Formes des parcours urbains et connaissances quantitatives

D'après les résultats des enquêtes TMV des années 1990, les tournées représentent environ les trois-quarts des mouvements réalisés en agglomération (Gérardin, et al., 2000). Ce n'est pas un phénomène typiquement français. Des travaux aux Etats-Unis ont également

montré que la majorité des véhicules-kilomètres parcourus par les véhicules commerciaux sont originaires d'entrepôts et de centres de distributions dans lesquels ont lieu les opérations de consolidation permettant la construction de tournées (Outwater, et al., 2005).

Malgré l'ampleur du phénomène, l'organisation en tournée des déplacements de marchandises n'est pas toujours prise en compte, notamment dans certains travaux de modélisation. Quand cette organisation est prise en compte, elle est souvent simulée.

Par exemple, après avoir généré la demande sous la forme d'OD de marchandises définies par certaines caractéristiques (la taille du lot, la fréquence de livraison, le type de véhicule), les tournées sont simulées de sorte qu'elles permettent de minimiser les distances parcourues en prenant en compte certaines contraintes comme le PTAC maximum d'un véhicule ou le nombre d'heures que peut réaliser un chauffeur en une journée de travail (Wisetjindawat & Sano, 2003; Donnelly, et al., 2009; Boerkamps & van Binsbergen, 1999; Nuzzolo, et al., 2012). L'optimisation peut aussi intégrer un modèle de trafic et prendre en compte le trafic simulé comme une contrainte supplémentaire dans la construction simulée des tournées (Taniguchi & Van der Heijden, 2000).

D'autres démarches consistent à ne pas prendre en compte les composants logistiques des chaînes de transport, et de générer un nombre de tournées desservant chaque zone à partir d'observations empiriques, puis à construire les tournées individuelles à partir d'une simulation de choix aléatoires (Hunt & Stefan, 2007).

D'autres cherchent à estimer les liens entre transporteurs et destinataires dans des simulations de marchés interactifs (prenant en compte le coût logistique de l'opération en fonction de la taille du lot), qui permettent de simuler l'allocation de contrats de transports et de construire les tournées en conséquence (Liedtke, 2009). D'autres méthodes mathématiques sont utilisées, basées notamment sur les principes de l'entropie maximale permettant d'identifier la solution la plus « probable » de formes de tournées en fonction de contraintes définies en amont (Wang & Holguin-Veras, 2009).

La plupart de ces approches reposent largement sur la simulation à partir de modèles théoriques. Il existe, à notre connaissance, peu de connaissances empiriques quantitatives sur les formes des déplacements urbains de marchandises. Il existe quelques travaux sur les distances parcourues par les véhicules de marchandises (Holguin-Veras & Thorson, 2000), y compris les travaux de Freturb déjà évoqués (Toilier, et al., 2005).

Il y a surtout peu d'analyses sur l'organisation des parcours, et notamment les déterminants de l'organisation de la forme de ces parcours. Par forme des parcours, on entend quelques indicateurs assez basiques : le nombre de points touchés par parcours, le type de mouvements par points touché (% de livraisons), la distance parcourue (au total et entre les points), la durée (totale, par opération, et par trajets), et d'autres indicateurs qui peuvent être donnés par l'enquête TMV Chauffeurs-Livreurs.

D'après une revue de littérature réalisée par Figliozzi, et al. (2007), la quasi absence de travaux empiriques s'explique par le fait qu'il y a très peu d'efforts de collectes de données sur les parcours des véhicules de marchandises. La raison de ce manque tient principalement à la difficulté de collecter des données sur les déplacements de véhicules commerciaux.

Pourtant, de nombreuses entreprises de transport possèdent des données sur les mouvements quotidiens de leurs véhicules, recueillies notamment via les carnets de bords et / ou tracés GPS que tiennent les chauffeurs, et servant l'analyse de leur propre activité. Il est très rare que ces données soient mises à disposition des chercheurs ou des collectivités locales. Les entreprises de transport considèrent ces données comme particulièrement sensibles, notamment parce qu'elles concernent l'identité de leurs clients, ainsi que leur processus de production (dans un environnement très concurrentiel).

C'est pour cette raison qu'il est souvent nécessaire de passer par des collectes de données externes aux entreprises. De nombreuses focales peuvent être adoptées pour collecter des données sur le fret urbain (Allen & Browne, 2008) : enquête des établissements, des marchandises, des opérateurs de transport, des fournisseurs, des prestataires logistiques, des chauffeurs, des véhicules, des trajets, du stationnement, des tronçons de route, des zones d'une agglomération... Chaque focale permet de recueillir des données sur certains aspects spécifiques du TMV. En ce qui concerne le recueil de données sur les tournées de marchandises, Pluvinet et al. (2012) recensent trois méthodes principales :

- Les enquêtes auprès des chauffeurs-livreurs, qui permettent de collecter des données plus ou moins détaillées sur la structure de la tournées, mais dont la précision doit être soumise à caution étant donné le fait qu'elles reposent sur les témoignages des chauffeurs-livreurs après les faits.
- Le recueil de carnets de bords remplis par les chauffeurs-livreurs au fur et à mesure de leurs tournées. Ces enquêtes sont généralement auto-administrées. Elles sont parfois caractérisées par des taux de retour très faibles et les données collectées sont parfois

difficiles à utiliser sur certains aspects (c'est le cas par exemple des enquêtes « Chauffeurs-Livreurs » auto-administrées en Ile-de-France, voir chapitre 2).

- Les enquêtes utilisant des technologies GPS, enfin, sont souvent considérées comme étant extrêmement précises en ce qui concerne les trajets spatialisés des véhicules de livraisons, ce qui est vrai. Malgré cela, quand ces enquêtes ne sont pas complétées par d'autres méthodes d'enquêtes, elles ne nous renseignent pas sur certaines caractéristiques cruciales de la tournée comme les opérations réalisées ou la nature des produits transportés (Roorda, et al., 2009; Greaves & Figliozzi, 2008).

A ces trois méthodes, on peut ajouter celle qui est développée pour l'enquête TMV-IDF « Chauffeurs-Livreurs », qui concerne les enquêtes « embarquées » avec un enquêteur à bord du véhicule pendant la tournée. Cette méthode d'enquête, bien que peu utilisée à cause de son coût, permet selon nous les meilleurs résultats : elle permet de ne pas se reposer sur le compte-rendu subjectif du chauffeur-livreur et de donner des détails avec la précision nécessaire sur la tournée, aussi bien sur l'itinéraire que sur les caractéristiques opérationnelles non spatialisées.

Dans la littérature, on trouve des exemples de données quantitatives concernant les tournées de marchandises, souvent sous une forme agrégée, c'est-à-dire que l'analyse n'est pas réalisée sur des tournées individuelles (par exemple dans Baudel, et al., 2016). On retrouve également des données provenant d'analyse de tournées individuelles mais uni-sectorielles, c'est à dire fournies par un acteur du transport en particulier, qui consent à participer à un programme de recherche et met à disposition des données à un moment ponctuel (par exemple dans Figliozzi, 2007a).

Par contre, il existe très peu de données présentées dans la littérature et analysées 1°) de manière explicitement désagrégée, c'est-à-dire dans laquelle chaque tournée est une unité de l'analyse (Regan & Garrido, 2001) et 2°) dans un cadre multisectoriel, c'est-à-dire concernant des entreprises de transport aux organisations logistiques fondamentalement différentes. C'est le cas des données utilisées dans ce chapitre, ce qui contribue à son originalité.

Dans leur revue de littérature, Figliozzi, et al. (2007) présentent trois efforts de collectes de données principaux : au Canada à Calgary (Stefan, et al., 2005; Hunt, et al., 2006), aux Etats-Unis à Denver (Holguin-Veras & Patil, 2005) et à New-York (Holguin-Veras, et al., 2013), et dans plusieurs villes néerlandaises (Vleugel & Janic, 2004). Les connaissances empiriques sur la forme des tournées tirées de ces enquêtes sont souvent assez agrégées.

Par exemple, on connaît le nombre de points touchés par tournée : environ 6 pour Calgary, environ 5,6 pour Denver, 8 pour New-York, 6 pour Amsterdam. On remarque tout de même une certaine constance d'une ville à l'autre. Il est encore trop rare que des résultats désagrégés soient donnés. Le graphique ci-dessous montre par exemple le nombre de points touchés en fonction de la nature de la marchandise transportée dans la ville de New York, ce qui est une première indication du « domaine » logistique de la tournée (Figure 4.1.2).

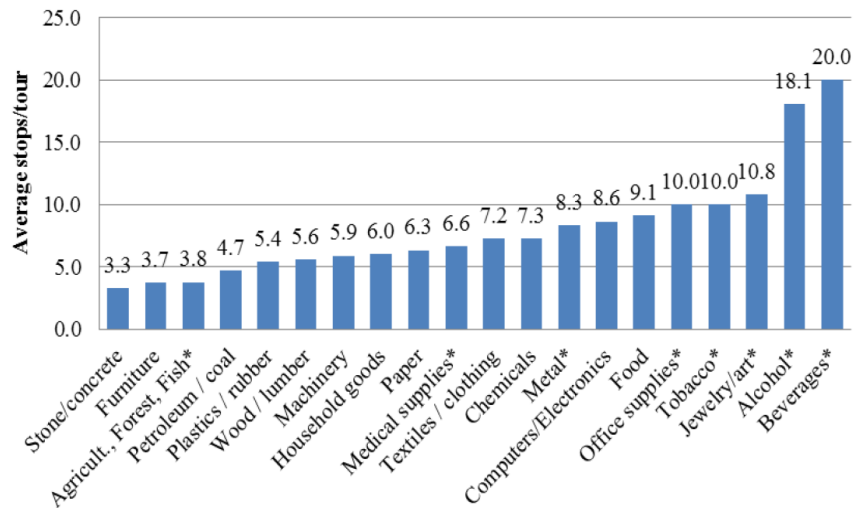


Figure 4.1.2 – Nombre de points touchés par tournée en fonction du type de marchandise transportée (Holguin-Veras, et al., 2013)

Si nous sommes d'accord avec le constat selon lequel il existe peu de données quantitatives sur le sujet (Figliozzi, et al., 2007), cette observation ne couvre pas de manière adéquate le cas français, puisqu'il existe des données assez précises et désagrégées provenant des enquêtes chauffeurs-livreurs produites dans les années 1990 à Bordeaux, Dijon et Marseille.

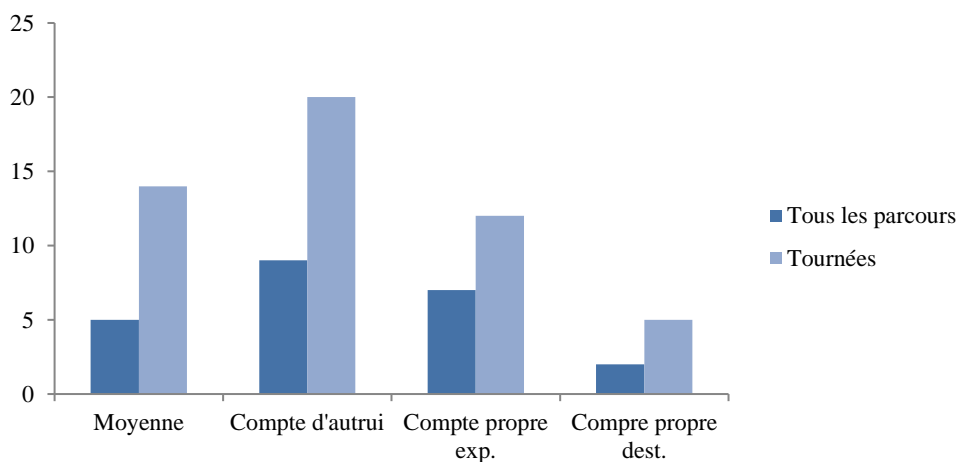


Figure 4.1.3 – Nombre de mouvements par parcours selon le mode de gestion dans les années 1990 (Gérardin, et al., 2000)

Les enquêtes TMV de l'époque donnent des renseignements quantitatifs plus détaillés, en décomposant par exemple les parcours et les tournées selon le mode de gestion (compte d'autrui, compte propre expéditeur, compte propre destinataire), comme le montre la Figure 4.1.3. Par ailleurs, les chercheurs du programme TMV ont proposés des analyses plus poussées basées sur des caractéristiques quantitatives des tournées (Patier, et al., 1997). Leur analyse a été finalement assez similaire, dans la logique (mais pas dans la méthodologie), à ce que nous présentons dans la section suivante du chapitre.

Il s'agit de la construction d'une typologie des tournées à partir de leurs caractéristiques opérationnelles à l'aide d'une classification ascendante hiérarchique en prenant en compte plusieurs variables : le mode de gestion, le type de véhicule, le nombre d'arrêt de la tournée, le lieu de départ et d'arrivée de la marchandise (entrepôts, plateformes, commerces, lieux de production, chantier...), et le poids de la marchandise transportée.

Cinq types bien différents sont distingués (Figure 4.1.4) : les tournées de messagerie, le compte propre distributeur en trace direct, le compte propre distributeur en tournée, le compte propre destinataire par des commerçants et le compte propre destinataire dans le cadre d'autres activités professionnelles.

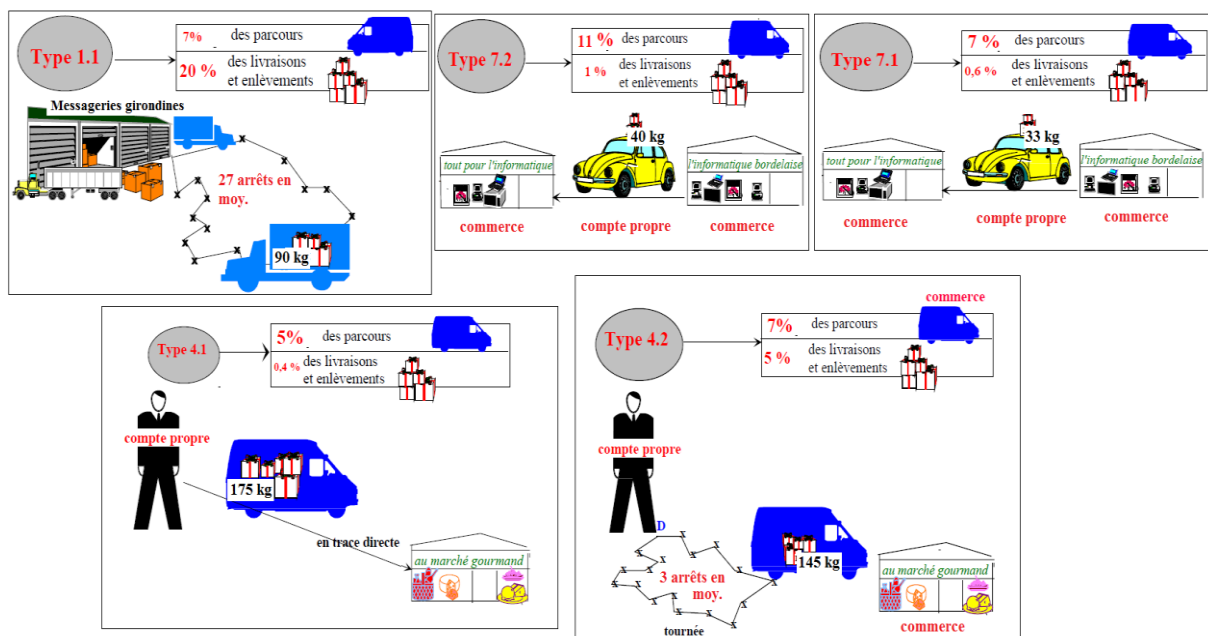


Figure 4.1.4 – Typologie des tournées de Bordeaux dans les années 1990 (Patier, et al., 1997)

Dans le cadre de ce chapitre, nous proposons une démarche différente, faisant appel à des considérations plus qualitatives. Nous espérons que ces approches permettront d'enrichir les démarches de modélisation existantes.

4.2 Construction d'une typologie des parcours en fonction de leur organisation logistique

4.2.1 Typologie des parcours : données, démarche, critères

Le contenu de cette section du chapitre repose très largement sur les analyses d'un article écrit à plusieurs pendant ce travail de thèse (Beziat, et al., 2015b). Pour rappel, nous travaillons sur l'enquête TMV-IDF pour les chauffeurs qui, comme on l'a vu dans le chapitre 2, a posé des problèmes en termes de mise en œuvre. A cause de cela, on peut distinguer quatre combinaisons de mode de collecte / questionnaire / administration.

- Les enquêtes « auto-administrées » distribuées par les établissements aux chauffeurs-livreurs à partir de leur carnet de bord, et qui peuvent donc être liées aux établissements de l'enquête.
- Les enquêtes distribuées « à la volée » à des chauffeurs-livreurs. De la même manière que le mode de la catégorie précédente, ces enquêtes sont auto-administrées et les questionnaires sont à renvoyer aux enquêteurs par voie postale.
- Les enquêtes « fin de tournée », réalisées avec un enquêteur présent à la fin de la tournée du chauffeur pour administrer le questionnaire.
- Les enquêtes « embarquées », pour lesquelles un enquêteur est présent dans le véhicule tout au long de la tournée. Par ailleurs certains itinéraires des parcours décrits par les enquêteurs ont aussi été enregistrés par GPS.

Au total, des données ont été recueillies pour 940 parcours. La mise en cohérence des variables des différentes combinaisons de questionnaires de l'enquête chauffeurs-livreurs, d'une part, et les vérifications, nettoyage et éventuelles corrections des modalités de toutes les variables qui sont utilisées dans l'analyse qui suit, d'autre part, ont représenté une charge conséquente de ce travail de thèse.

Comme présentées dans le chapitre 2, les différentes enquêtes ne sont pas aussi détaillées les unes que les autres. De plus, les enquêtes auto-administrées présentent pour certaines variables un taux important de non-réponses. En raison des données manquantes, tous les parcours ne peuvent pas se voir assigner un « profil » de la typologie. Nous n'avons tout simplement pas assez de données pour les classer, à l'aide de notre méthode qualitative. Un certain nombre de parcours sortent donc du champ de notre analyse, comme nous allons le présenter.

Notre démarche est, en quelque sorte, l'inverse de celle qui a été réalisée par les chercheurs du programme TMV dans les années 1990 sur les données de Bordeaux, présentée à la fin de la section précédente (Patier, et al., 1997). Plutôt que de partir des caractéristiques des parcours pour tenter de reconstituer statistiquement de grandes « familles », nous utilisons notre connaissance empirique des entreprises de TMV (entretiens et littérature), afin d'identifier les parcours qui nous paraissent se conformer aux catégories de services logistiques ainsi définis.

Après avoir défini les grands types et leur avoir adjoint les parcours observés de notre base de données, nous caractérisons ces grands types par les variables qui nous paraissent pertinentes pour analyser la forme des parcours du TMV. Le but n'est pas de fournir un panorama exhaustif des secteurs d'activités opérant en Ile-de-France (ce qui serait impossible avec les données disponibles), mais bien de caractériser les parcours à notre disposition.

La construction de notre typologie repose sur la littérature déjà citée et des entretiens³⁸ réalisés. Les acteurs interrogés sont les suivants : la FNTR (Fédération Nationale des Transporteurs Routiers), TLF (Transport et Logistique de France), l'UNOSTRA (Union Nationale des Organisations Syndicales des Transporteurs Routiers Automobiles), le SNTL (Syndicat National des Transports Légers) et l'UNTF (Union Nationale du Transport Frigorifique).

Ces entretiens ont servi de cadre pour une segmentation pertinente du TMV. Plusieurs entretiens additionnels ont été réalisés auprès de cadres de grands groupes de messagerie, pour mieux comprendre la segmentation interne de ce secteur très concentré et très présent en ville. Cette

³⁸ Les entretiens ont été intégralement réalisés par P. Launay, doctorant du laboratoire SPLOTT et mis en commun pour la construction de la typologie dans le cadre de la rédaction de l'article Beziat, et al. (2015b) co-écrit avec Pierre Launay et Florence Toilier du LAET et présenté à la International Urban Freight Conference (INUF) à Long Beach (Etats-Unis) en octobre 2015.

méthodologie qualitative repose aussi sur la littérature (déjà été citée dans ce chapitre), et en particulier sur les journaux spécialisés du domaine du transport de marchandises.³⁹

Afin de déterminer le profil de chaque parcours, six critères faisant ressortir les spécificités de l'organisation logistique des transporteurs ont été appliquées à notre base de données :

- A : La nature de l'opérateur (entre compte propre destinataire et les autres)
- B : La nature des marchandises (utilisation d'un véhicule spécifique ou générique)
- C : Le degré d'homogénéité des marchandises
- D : L'organisation logistique du transport (réseaux de messagerie ou courses)
- E : Le parcours dans un réseau de messagerie (tractions inter-agence ou tournées)
- F : Le conditionnement de la marchandise transportée (colis, palettes, ou mixte)

Notons que les critères de la typologie sont appliqués dans l'ordre décrit ci-dessus et de manière itérative. En fonction du classement d'un parcours dans une catégorie plutôt que dans une autre, ce parcours n'est plus directement concerné par les critères discriminants suivants. La raison pour cela est que tous les critères ci-dessus, bien que pertinents, ne s'appliquent pas à toutes les catégories. Par exemple, le critère « type de parcours à l'intérieur d'un réseau de messagerie » n'a de sens que si le parcours en question fait partie d'un réseau de messagerie. S'il s'agit, par exemple, d'un parcours en trace directe de livraison de béton à destination d'un chantier, appliquer le critère n'est pas pertinent.

4.2.2 Construction de la typologie des tournées en fonction du service de transport proposé

Notre point de départ est un fichier de 940 tournées, toutes n'étant pas utilisables pour ce travail étant donné le niveau de détail nécessaire assez important (et d'ailleurs pas le même pour tous les critères !). Sur ce fichier, nous appliquons nos critères de manière systématique. La liste détaillée des variables et des modalités utilisées pour classer les parcours est donnée après la description de chaque type défini.

Le critère A (Figure 4.2.1) est celui de l'opérateur de transport. La distinction nous semblant la plus pertinente n'est pas celle du compte propre / compte pour autrui qui ne reflète pas (toujours) autant les différences opérationnelles les plus importantes. Distinguer le compte

³⁹ Citons en particulier « *L'officiel des Transporteurs* », journal hebdomadaire qui couvre l'actualité des professionnels du transport routier de marchandises ; et « *Acteurs Urbains* », magazine mensuel paru jusqu'à fin 2014 concernant les questions de distribution urbaine.

propre destinataire, ou CPD (1), qui désigne généralement des artisans ou commerçants qui s'auto-provisionnent, des autres types de transporteurs nous semble par contre réellement fondamental au niveau de l'organisation logistique des opérations de transport.

- ➔ Les parcours dont le mode de gestion est « CPD » sont caractérisés comme du compte propre destinataire dans notre typologie. 32 parcours sur 940 sont caractérisés ainsi (NB : ils proviennent tous des enquêtes auto-administrées).

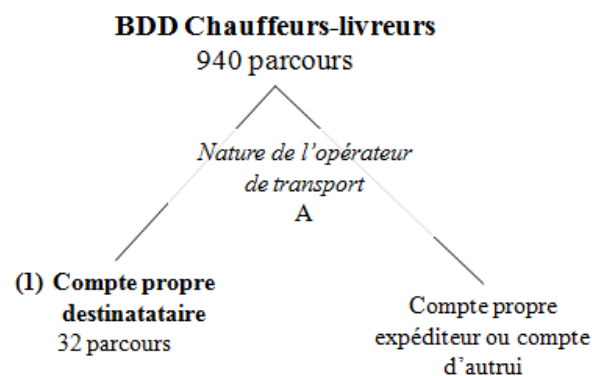


Figure 4.2.1 – Typologie des parcours, critère A (Beziat, et al., 2015b)

Le critère B (Figure 4.2.2) est celui du véhicule utilisé. Nous distinguons les parcours qui ont recours à des véhicules spécifiques de ceux qui utilisent des véhicules génériques. Par spécifiques, nous entendons des véhicules qui ne sont utilisés que dans un but, qui sont dédiés à un seul type de marchandise.

Les trois parcours de ce type relevés dans la base de données sont : le transport de béton, le transport de voitures et le transport de produits alimentaires frais. Ces véhicules sont utilisés exclusivement pour un type de marchandises et sont donc assignés à une organisation logistique particulière.

Le transport de béton frais (2) requiert l'utilisation de camions malaxeurs, appelés communément camions toupies. Le camion est pourvu d'un réservoir rotatif incliné selon un axe quasi-horizontale permettant le versement du béton lorsque nécessaire. Le transport de béton requiert une organisation particulière : pour conserver ses caractéristiques et être utilisable à l'arrivée sur le chantier, le béton doit séjourner un maximum d'une heure environ dans le camion (durée variable en fonction des conditions atmosphériques et de la température ambiante). L'utilisation d'un camion toupie permet de compléter l'action de la centrale à béton et de finir le « malaxage » du béton. Ces opérations de transport sont presque exclusivement

réalisées par des fabricants de béton qui utilisent leurs véhicules ou ont recours à de la location de véhicules avec chauffeur à long terme.

Le secteur de la fabrication était déjà très concentré au moment de l'enquête en France, avec trois industriels principaux sur le marché : LaFarge, Holcim⁴⁰ et Cemex. Les parcours se font directement de la centrale à béton vers les chantiers, et les parcours en tournées sont naturellement à exclure, étant données les contraintes du produit.

→ Les parcours transportant du « béton » sont caractérisés comme « transport de béton » dans notre typologie. 17 parcours sur les 908 restants sont caractérisés ainsi.

Le transport de voitures (3) requiert l'utilisation d'un camion porte-voiture. Ils sont généralement utilisés pour livrer les voitures depuis les usines jusqu'aux concessionnaires. Comme le marché du béton, ce marché est extrêmement concentré, principalement autour de Gefco et CAT, les deux étant des émanations des deux grands industriels de l'automobile français : PSA et Renault. Gefco et CAT ont depuis intégré des conglomérats internationaux de transport, mais ils restent les principaux fournisseurs des « maisons-mères » (et servent aussi d'autres constructeurs).

La particularité des véhicules les rend impossibles à utiliser dans d'autres contextes que le transport d'automobiles, d'où la nécessité de catégoriser ces parcours dans des classes spécifiques. En raison du tonnage à transporter et des limites des véhicules, il est rare que ces parcours dépassent la trace directe. De plus, les parcours sont presque exclusivement réalisés entre les usines et les concessionnaires, ou entre les usines et certains lieux de stockage en plein air.

→ Les parcours transportant des « voitures » sont caractérisés comme « transport de voitures » dans notre typologie. 8 parcours sur les 891 restants sont caractérisés ainsi.

Le transport de produits alimentaires frais (4) requiert l'utilisation d'un camion frigorifique capable de conserver les aliments dans un environnement à basse température. Ce genre de transport concerne principalement deux secteurs économiques : la grande distribution et la restauration⁴¹. La gestion du transport des produits frais est souvent externalisée par l'industrie ou les grands distributeurs à des prestataires logistiques spécialisés. L'exemple le plus connu

⁴⁰ NB : Lafarge et Holcim ont fusionné en 2015 pour former Lafarge-Holcim

⁴¹ Il concerne aussi l'industrie alimentaire, mais ces tournées ne sont pas présentes dans notre BDD

est STEF, leader européen du marché. Ces prestataires sous-traitent ensuite les opérations de transport à des compagnies spécialisées dans le transport réfrigéré, comme STAF par exemple. Les restaurateurs ont souvent recours à des grossistes spécialisés (Pomona Passion Froid par exemple), qui font le transport eux-mêmes ou sous-traitent à des spécialistes.

➔ Pour les questionnaires embarqués, les parcours transportant une majorité de produits frais alimentaires sont caractérisés comme « transport de produits alimentaires frais ». Pour les autres questionnaires, le code NAF de l'opérateur de transport est utilisé pour distinguer certains grossistes spécialisés. 72 parcours sur les 883 restants sont caractérisés ainsi.

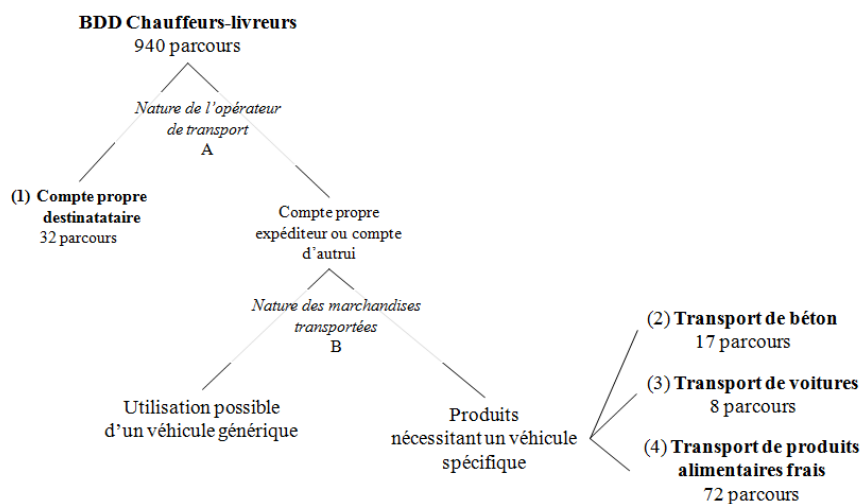


Figure 4.2.2 – Typologie des parcours, critères A et B (Beziat, et al., 2015b)

Le critère C (Figure 4.2.3) est celui du degré d'homogénéité des biens transportés. Ce critère nous permet d'identifier les opérations de transport dédiées à une filière en particulier. En utilisant plusieurs variables de la base de données (nature des marchandises, type d'établissements desservis et opérateur de transport), nous distinguons les parcours qui sont caractérisés par le transport d'un seul type de marchandises.

Le transport de produits alimentaires secs (4) ne nécessite pas de véhicule spécifique, mais il est rarement réalisé avec d'autres types de marchandises. D'abord, parce que les réglementations concernant le transport de denrées périssables sont relativement strictes, même pour le transport de denrées non réfrigérées. Il faut que les véhicules soient conçus de manière à « protéger les aliments des causes susceptibles de les contaminer ou de les altérer pendant toute la durée du transport » et à ce qu'ils soient « faciles à nettoyer et à désinfecter ». ⁴²

⁴² <http://www.fromag.com/transport/transpor.html>, consulté le 12/02/2017

Etant données ces contraintes, il n'est pas étonnant d'avoir vu se développer une industrie de transport de denrée alimentaire particulièrement concentrée autour de plusieurs acteurs majeurs. Les parcours de transport de marchandises alimentaires, dans notre base de données, sont représentés par les grossistes spécialisés dans le domaine.⁴³ Ces grossistes peuvent être spécialisés (Fruidor pour les fruits et légumes ou Transgourmet spécialisé dans la boulangerie et la restauration) ou généralistes (Pomona, ou Cercle Vert par exemple). Les opérations de transport peuvent être réalisées en compte propre ou sous-traitées et confiées à un prestataire professionnel. Ils livrent majoritairement des commerces alimentaires et des restaurants.

→ Pour les questionnaires embarqués, les parcours transportant une majorité de produits alimentaires non périssables sont caractérisés comme « transport de produits alimentaires secs ». Pour les autres questionnaires, le code NAF de l'opérateur de transport est utilisé pour distinguer certains grossistes spécialisés. 78 parcours sur les 811 restants sont caractérisés ainsi.

Le transport de boissons (5) est une catégorie spécifique desservant presque exclusivement des Hôtels-Cafés-Restaurants (HCR), qui nécessitent des réapprovisionnements fréquents. Ces HCR peuvent se réapprovisionner eux-mêmes auprès de grands grossistes Cash & Carry du type Métro (auquel cas ils sont classés en CPD), ou ils peuvent faire appel à des distributeurs de boissons spécialisés. Le marché du transport de boissons est concentré autour des filiales de grandes marques de boissons, notamment France Boissons (filiale de Heineken) et Tafanel (filiale de Kronenbourg)⁴⁴, et du regroupement C10 (un réseau de presque 200 distributeurs indépendants). Les caractéristiques de ces tournées sont aussi assez particulières, étant données la manutention et le conditionnement spécifiques requis pour transporter ces marchandises souvent fragiles. Ces opérateurs ont souvent aussi des impératifs de « logistique de retour » passant par la collecte des « consignes » auprès des HCR.

⁴³ Le marché du transport alimentaire s'est aussi structuré par l'émergence du secteur de la grande distribution entre les années 1970 et 1990, pendant lesquelles se sont développés les modèles des centres de distribution centralisée des supermarchés et hypermarchés (Stephens, 2010). Ces organisations logistiques ne sont pas représentées dans notre base de données.

⁴⁴ Pour l'anecdote, le « contrat de bière » est l'un des plus anciens contrats d'approvisionnement de l'histoire, remontant au Moyen-âge. 1 établissement de CHR sur 3 en France y a encore recours aujourd'hui (8 sur 10 à Paris). Ce contrat lie le débit de boisson à un distributeur : le CHR assure le service de la bière du distributeur, en échange de quoi le distributeur met à disposition le système de tirage des pressions et du matériel au CHR (verres et bocks portant la marque du distributeur notamment). D'où une rivalité historique entre « les verts de Heineken » (France Boissons) et les « rouges de Kronenbourg » (Tafanel). <https://www.paris-bistro.com/infos-pros/a-quoi-sert-le-contrat-de-biere>

- ➔ Le code NAF de l'opérateur de transport est utilisé pour distinguer certains grossistes spécialisés en transport de boissons. 43 parcours sur les 733 restants sont caractérisés ainsi.

Le transport de produits manufacturés finis (5) est rarement réalisé directement entre le producteur et le consommateur. Les produits transitent généralement chez un distributeur qui livre les magasins ou d'autres localisations (bureaux, ateliers...). Ces distributeurs sont plus ou moins spécialisés dans un type de produit (matériel électronique, meubles, produits d'entretien...), et fournissent donc des établissements plus ou moins variés.

Le choix du recours à un distributeur plutôt qu'à un transporteur professionnel dépend d'un arbitrage suivant un grand nombre de critères : coût, durée, disponibilité et flexibilité du transport, qui sont les arguments généralement évoqués en faveur du transport en compte pour autrui ; sécurité, fiabilité des délais, spécificité des tâches, qualification des chauffeurs-livreurs, qualité des contacts commerciaux et adaptation au service demandé, au contraire, sont plutôt les caractéristiques qui favorisent le recours à des distributeurs spécialisés (Cruz, 2011; Mason, et al., 1977).

- ➔ Le code NAF de l'opérateur de transport est utilisé pour distinguer certains grossistes spécialisés en transport de produits manufacturés. 28 parcours sur les 690 restants sont caractérisés ainsi.

La production industrielle est rarement cantonnée à une unité de production. Elle nécessite généralement le transport de produits industriels intermédiaires (6) entre différentes unités de production. Ces produits intermédiaires peuvent être transportés avec des marchandises diverses ou faire l'objet de parcours spécifiques. Le transport peut être réalisé en compte propre par l'expéditeur ou le destinataire ou peut être sous-traité à un tiers.

- ➔ Le type d'établissements desservis (s'il s'agit uniquement d'unités de production) est utilisé pour distinguer les parcours de transport de produits industriels intermédiaires. 56 parcours sur les 662 restants sont caractérisés ainsi.

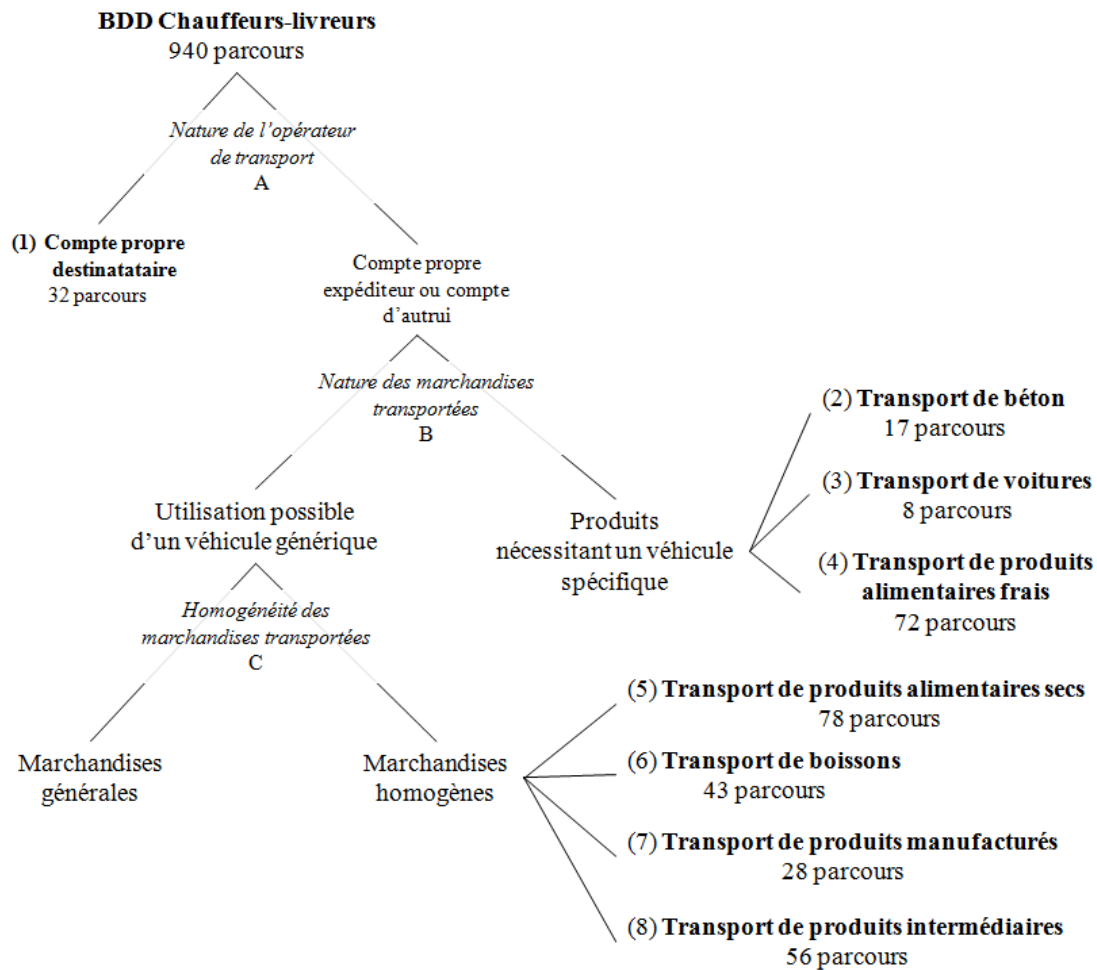
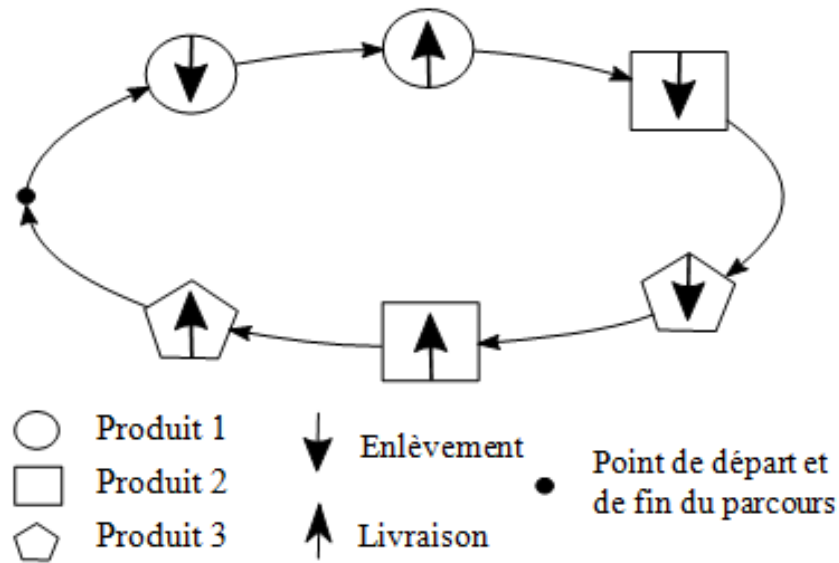


Figure 4.2.3 – Typologie des parcours, critère A, B et C (Beziat, et al., 2015b)

Le critère D (Figure 4.2.5) est celui qui caractérise les parcours restants en fonction du type d'organisation logistique du service proposé par l'entreprise qui réalise la tournée ou la trace directe. Ce critère permet d'identifier si le parcours est réalisé dans le cadre d'un réseau de messagerie, ou pas.

Le transport des « marchandises génériques » (elles peuvent être hétérogènes et ne nécessitent pas de véhicules spécifiques) peut être réalisées avec un seul parcours, dans le cas d'une course ; ou bien dans le cadre d'un réseau de messagerie, ce qui nécessite au minimum trois parcours distincts et des ruptures de charges (voir Figure 4.2.6).

Le transport par courses (9) correspond au transport de marchandises d'un point d'enlèvement à un point de livraison sans opération de groupage ou de dégroupage. Le marché des coursiers est particulièrement présent en zone dense.



Réalisation : Pierre Laway, IFSTTAR – SPLOTT, 2015

Figure 4.2.4 – Fonctionnement d’une opération de transport par course (Beziat, et al., 2015b)

Il est occupé par des compagnies spécialisées dans le transport urgent à différentes échelles géographiques, ou par type de marchandises (documents, vêtements transportés sur cintres, objets à très haute valeur ajoutée...). Le secteur n’est pas concentré comme peuvent l’être la plupart des autres secteurs du transport présentés jusqu’ici⁴⁵, selon la marchandise transportée et l’échelle géographique, le véhicule peut être de taille plus ou moins importante. Cette organisation logistique est particulièrement adaptée pour l’utilisation de 2/3-roues avec ou sans moteur.

La course peut être organisée en trace directe ou en tournée (voir Figure 4.2.4). Malgré la numérisation, les coursiers transportent toujours de nombreux documents financiers, légaux et administratifs. Leurs services sont aussi depuis longtemps utilisés par les commerces de vêtements nécessitant un réapprovisionnement urgent avec transport sur cintre (Patier, et al., 2004).

A cela, on peut ajouter l’émergence des services de livraisons alimentaires à domicile, qui fonctionnent avec cette organisation logistique sans consolidation (les services de « livraisons instantanées » (Dablanc, 2017)). Bien sûr, ces services ne sont pas dans le champ d’étude de l’enquête TMV, puisqu’ils ne concernent pas des établissements mais des livraisons aux ménages.

⁴⁵ Notons tout de même l’émergence relativement récente d’entreprises majeures du secteur comme Coursier.com.

→ Le nombre et le poids des marchandises livrées / enlevées et le nombre de mouvements de la tournée ont servi à définir ce type : si le même nombre et le même poids des marchandises sont à la fois enlevés et livrés au cours de la tournée, ceci correspond à la catégorie du transport par courses. 44 parcours sur les 606 restants sont caractérisés ainsi.

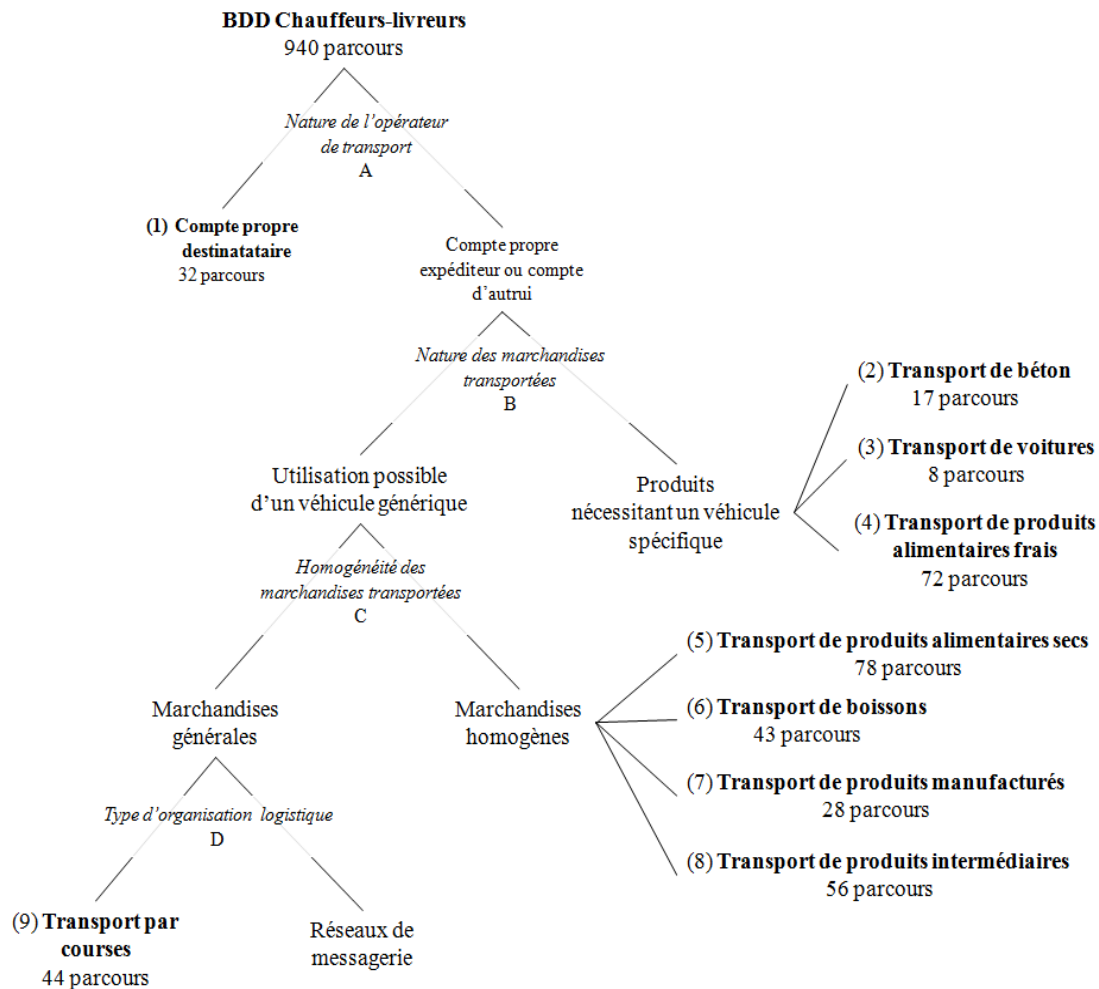
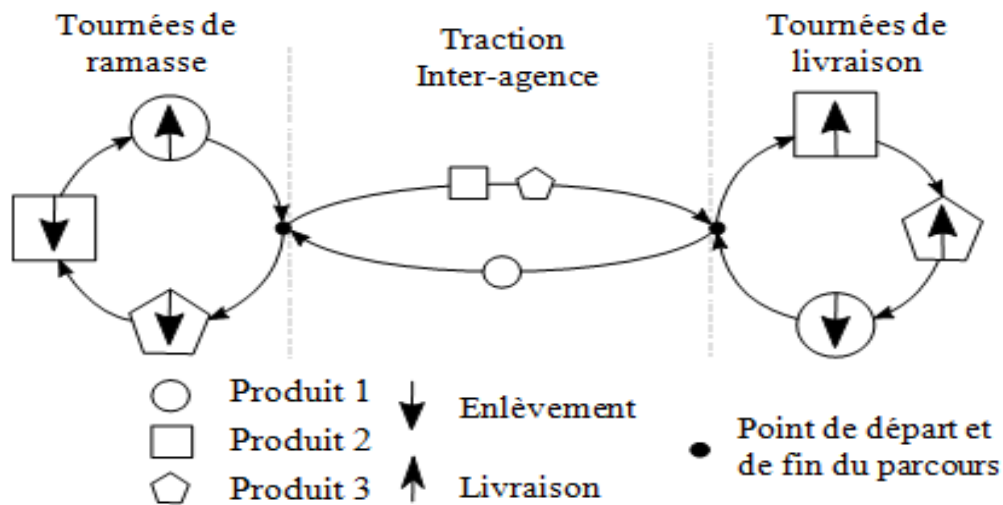


Figure 4.2.5 – Typologie des parcours, critères A, B, C et D (Beziat, et al., 2015b)

Au contraire, les réseaux de messagerie nécessitent des opérations supplémentaires par rapport à la simple traction de marchandises. Pour la décrire de manière simplifiée, l'activité de messagerie peut se décomposer en plusieurs temps (Beyer, 1999; Launay, 2017) : tournée de ramasse des marchandises chez les chargeurs, groupage des marchandises sur une plateforme (qu'on appelle « agence » de messagerie), traction inter-agences, dégroupage des marchandises sur une autre plateforme, et tournées de livraisons chez les destinataires de la marchandise. En réalité, comme dans la Figure 4.2.6 ci-dessus, les tournées peuvent ou non mélanger livraisons et enlèvements.



Réalisation : Pierre Lawray, IFSTTAR – SPLOTT, 2015

Figure 4.2.6 – Fonctionnement d'un réseau de messagerie (Beziat, et al., 2015b)

Dans le cadre de réseaux en *hub-and-spoke*, les tractions inter-agences transitent par les hubs des réseaux de messagerie, où les marchandises sont groupées pour être expédiées vers une autre agence, ajoutant une opération de transport supplémentaire au réseau. L'avantage principal du réseau de messagerie est qu'il permet de consolider des envois de taille modeste et de réaliser ainsi des économies d'échelle.

Au sein des parcours identifiés comme appartenant à des réseaux de messagerie, le critère E (Figure 4.2.5) permet de distinguer entre les parcours qui sont des tractions inter-agences, et les tournées d'enlèvements / livraisons.

- ➔ Le type d'établissements desservis, le poids et nombre de marchandises enlevées / livrées, et le nombre de mouvements du parcours ont servi à définir les tractions inter-agences : si le même nombre et le même poids des marchandises sont à la fois enlevés et livrés au cours du parcours, et que les établissements sont des agences, alors le parcours correspond à la catégorie des tractions inter-agences. 22 parcours sur les 562 restants sont caractérisés ainsi.

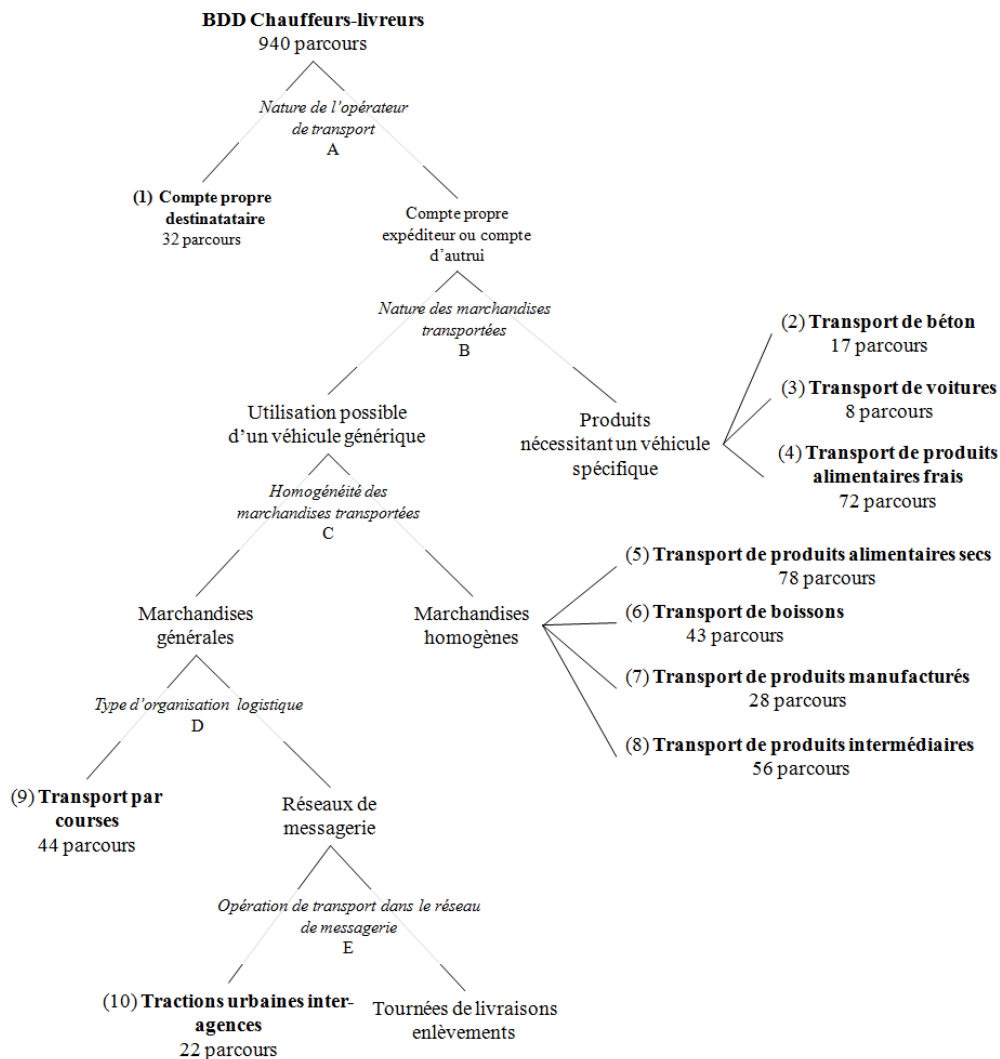


Figure 4.2.7 – Typologie des parcours, critères A, B, C, D et E (source : article)

Enfin, nous distinguons plus finement les différents secteurs de la messagerie. La messagerie est un secteur d'activité qui a beaucoup évolué et dont la segmentation est très mouvante. Son analyse par Antoine Beyer (1999) à la fin des années 1990 et par Pierre Launay et Raphaëlle Ducret (Launay, 2017; Beziat, et al., 2015b; Ducret, 2015) plus récemment nous éclaire sur cette segmentation, qui se fait sur plusieurs critères : le conditionnement de la marchandise (colis, palettes), son poids (< 30 kg, < 300 kg, < 3 tonnes), les origines et destinations géographiques (spécialisation dans certaines régions, à différentes échelles), le type de chargeurs et de destinataires (B2B, B2C ou C2C⁴⁶) ou encore les délais (24, 48, 72 heures ou plus, délais garantis ou non, heures de ramasse et de livraisons). Le marché est relativement concentré et les spécialisations des entreprises se font en fonction de ces critères. Il paraît difficile, étant données les informations à notre disposition, d'aller autant dans le détail de la

⁴⁶ B2B = Business to Business, B2C = Business to Customer, C2C = Customer to Customer.

segmentation. Malgré tout, le critère F nous permet de distinguer les différents réseaux de messagerie en fonction du conditionnement de la marchandise transportée (Figure 4.2.7).

Les coûts de stockage, de transbordement et de transport peuvent varier considérablement selon l'unité de conditionnement (une palette, par exemple, ou un colis) considérée (Mommens, et al., 2016). Cette distinction nous paraît pertinente puisqu'elle recouvre une réalité opérationnelle : organisations spécifiques des plateformes pour faciliter le groupage / dégroupage des marchandises avec un seul type de conditionnement, rationalisation de la manutention pendant les tournées, utilisation de véhicules adaptés au conditionnement unique de la marchandise, pratiques de tarification communes dans ces réseaux...

Les réseaux de transport express de colis (11), tout d'abord, ont émergé dans les années 1990 en France, en parallèle de l'ouverture des marchés européens et de l'arrivée de grandes entreprises intégratrices.⁴⁷ Avant cette émergence, les colis étaient transportés en même temps que d'autres types de marchandises dans des réseaux généralistes de messagerie, ou par le service postal français.⁴⁸ Dans les années 1990 et au cours des années 2000, ces réseaux de transport de colis se sont segmentés selon les délais de livraisons ou en offrant des services de traçabilité à leurs clients, s'appuyant sur les TIC émergentes à l'époque (Savy, 1993).

Aujourd'hui, il reste relativement peu de réseaux spécialisés dans la distribution de colis, le marché étant extrêmement concentré après deux décennies d'acquisitions et de fusions d'entreprises. Les principaux acteurs sont des parents de grands groupes postaux européens : Geopost (groupe public parent de La Poste) avec Chronopost et DPD, DHL (ex-*Deutsche Bundespost*, la poste allemande) avec DHL Express, TNT (ancienne division de la poste néerlandaise PostNL, racheté en 2015 par Fedex) avec TNT Express. L'autre acteur majeur en France est UPS, l'un des deux grands intégrateurs américains opérant sur le territoire. Parallèlement, il reste plusieurs réseaux de taille plus modeste (pour leurs opérations en France) et plus spécialisés : dans le transport express international comme FedEx (le deuxième grand intégrateur, moins présent en France qu'UPS), ou dans les livraisons en B2C (Colis Privé et GLS, division de *Royal Mail*, le service postal anglais).

⁴⁷ Pour s'implanter sur un territoire, les grandes entreprises de messagerie (Fedex et UPS, notamment), plutôt que de constituer des réseaux en partant de rien, ont opéré en rachetant des réseaux locaux et en les « intégrant » à leurs réseaux internationaux.

⁴⁸ La Poste reste encore aujourd'hui le plus grand réseau de distribution de colis en France.

- ➔ Les parcours restants transportant uniquement des « colis » sont caractérisés comme « réseau messagerie colis » dans notre typologie. 40 parcours sur les 540 restants sont caractérisés ainsi.

Les réseaux de messagerie de transport de palettes (12) ont émergé plus tardivement en France, surtout relativement à l'Allemagne ou à l'Angleterre. Le premier spécialiste, Darfeuille (acquis par Norbert Dentressangle⁴⁹ en 2009) a été créé dans les années 1990, mais la plupart des autres réseaux ont émergé à la fin des années 2000 et au début des années 2010. Ces réseaux peuvent être distingués en deux grands groupes. D'abord, les réseaux intégrateurs, divisions de grands groupes français de logistique et de transport comme Norbert Dentressangle ou Transalliance. Et des groupements de PME réunissant des dizaines d'entreprises mettant leurs infrastructures en commun au sein de réseaux comme Astre Pallet Systems, FLO Palettes ou POLE.

- ➔ Les parcours restants transportant uniquement des « palettes » sont caractérisés comme « réseau messagerie palettes » dans notre typologie. 15 parcours sur les 500 restants sont caractérisés ainsi.

Enfin, la dernière catégorie de cette typologie concerne ce qu'on peut qualifier de réseaux « mixtes » ou de messagerie « traditionnelle » (13). Ces réseaux permettent le transport d'envois de marchandises de moins de 3 tonnes, quel que soit leur conditionnement. Ces réseaux assurent notamment le transport de colis trop lourds ou trop grands non standardisés (qui ne sont pas gérés par les réseaux automatisés de colis) ou de palettes légères isolées (qui n'intéressent pas les réseaux palettes).

Avec l'émergence des réseaux spécialisés de colis ou de palettes mentionnés ci-dessus, la plupart des entreprises ont fusionné ou ont disparu. Le marché est occupé principalement par deux types d'acteurs. D'abord, des parents de groupes ferroviaires européens : Geodis en France (filiale de la SNCF) et DB Schenker (filiale de la *Deutsche Bahn*, compagnie ferroviaire allemande). Ensuite, quelques compagnies privées : des filiales de grands groupes internationaux (Kuhne & Nagel et Dachser) et des entreprises familiales françaises (Heppner, Mazet, ou Mory-Ducros avant sa faillite en 2015).

- ➔ Les parcours restants transportant des « colis » et des « palettes » dans le même parcours sont caractérisés comme « réseau messagerie mixte » dans notre typologie. 91 parcours sur les 485 restants sont caractérisés ainsi.

⁴⁹ Norbert Dentressangle a depuis été acquis par XPO Logistics en 2015.

Au total, 546 parcours, sur les 940 de base, se sont vu assigner une des treize catégories décrites ci-dessus (voir Figure 4.2.8). Arrivés à ce stade, nous ne disposons pas de données suffisantes sur les 394 tournées restantes pour nous prononcer sur leur profil logistique. Elles ne sont donc pas utilisées pour ce travail de typologie et dans les statistiques descriptives ci-dessous.

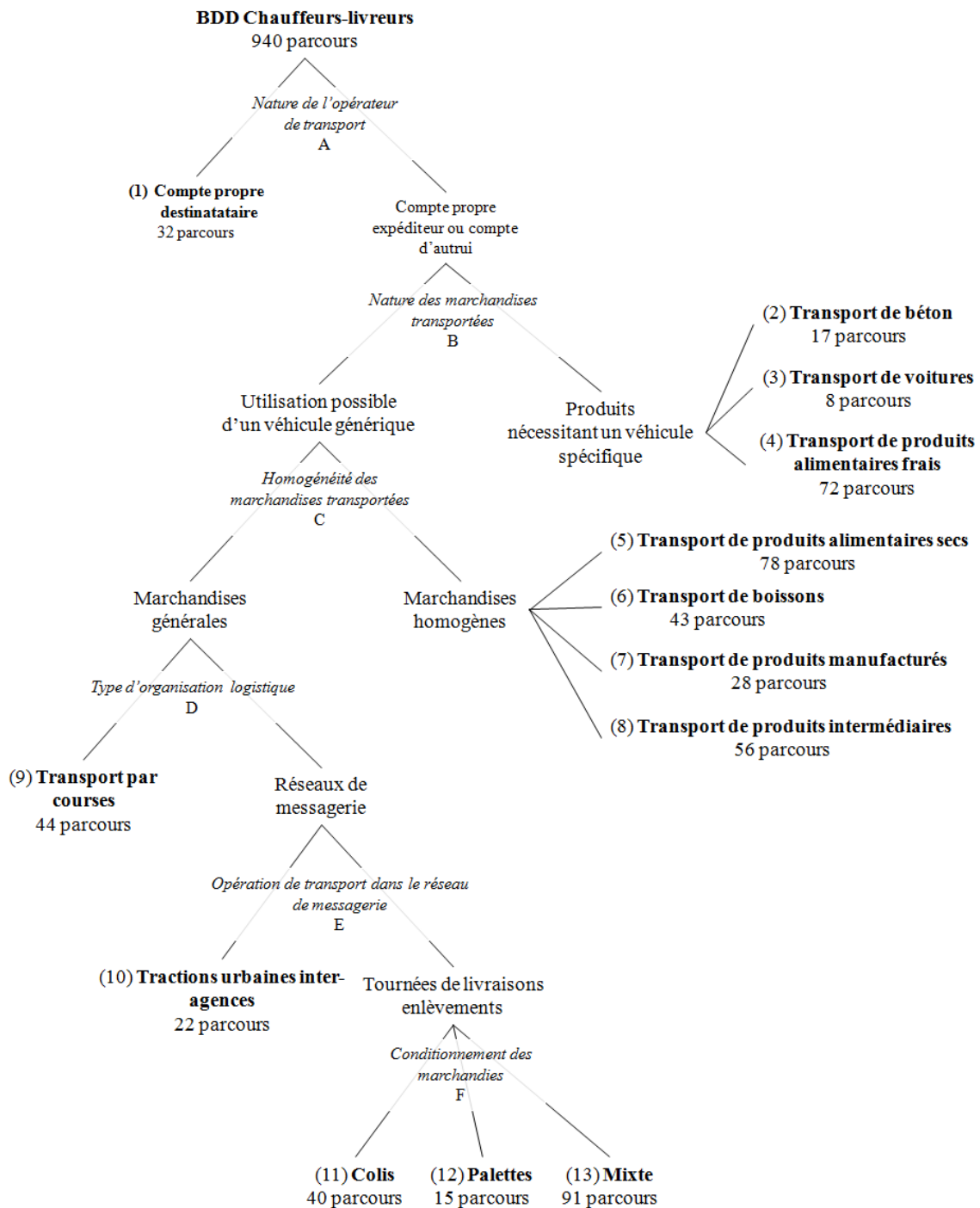


Figure 4.2.8 – Typologie finale des parcours (Beziat, et al., 2015b)

4.3 Analyse des formes de parcours des véhicules de marchandises en fonction de leur organisation logistique

4.3.1 Etude de la forme spatiale des parcours et de l'occupation de la voirie en fonction de leur organisation logistique

Dans cette section du chapitre, nous caractérisons les grands types d'organisation logistique à partir de statistiques descriptives issues de l'enquête TMV-IDF pour les chauffeurs-livreurs. Nous analyserons plusieurs variables pour décrire la forme des parcours :

- D'abord les formes spatiales, en termes d'occupation de la voirie : nombre de mouvements par parcours, distance parcourue (en distinguant la distance parcourue pour les marches d'approche, c'est-à-dire les liens principaux).
- Ensuite, nous nous intéressons à la durée des tournées : la portion passée en circulation, la portion utilisée pour les opérations de chargement / déchargement, et les influences des formes urbaines sur ces durées.

Variables	Marchandises hétérogènes					Marchandises homogènes				Véhicules spécifiques		CPD (1)
	Tournées liv. / enl.			Courses (9)	Inter- agence (10)	Alimentaire		Autres		Frais (4)	Autres (2-3)	
	Colis (11)	Palettes (12)	Mixte (13)			Sec (5)	Boissons (6)	Prod. Fin. (7)	Produits Interm. (8)			
Nombre de parcours obs.	38	15	91	44	21	78	43	28	56	72	28	32
Nombre d'entreprises différentes	19	8	16	12	5	17	4	21	12	16	3	26

Tableau 4.3.1 – Nombre d'observations et nombres d'entreprises (Source : ETMV 2014 « Chauffeurs-Livreurs », calculs de l'auteur)

Il nous paraissait d'abord intéressant de nous attarder sur l'échantillon à notre disposition pour l'analyse des formes des parcours. Le Tableau 4.3.1 montre le nombre de parcours pour chaque type d'organisation logistique.

Les effectifs sont relativement satisfaisants pour la plupart des catégories, sauf éventuellement pour la « messagerie palette ». Ensuite, il est important pour l'analyse qu'à chaque organisation logistique corresponde un échantillon satisfaisant d'entreprises différentes. Ainsi, nous pouvons dire que les enseignements que nous tirons pour chaque type d'organisation ne sont pas spécifiques à une entreprise, mais sont bien plutôt propres aux caractéristiques d'un service particulier de transport.

Ensuite, les catégories « transport de voiture » et « transport de béton » ne font pas partie de l'analyse : ces deux formes d'organisations logistiques sont trop particulières pour être comparées de manière intéressante aux autres types de parcours. Il serait intéressant d'en faire une analyse détaillée, mais notre travail se veut généraliste. Nous choisissons donc de ne pas les prendre en compte.

Enfin, notons que certaines formes d'organisation ne sont pas concernées par toutes les variables en raison de leur absence dans la base chauffeurs-livreurs « embarqués », qui contient le détail des parcours.

Variables	Stats desc.	Marchandises hétérogènes					Marchandises homogènes				Véhicules spécifiques	CPD (1)
		Tournées liv. / enl.			Courses (9)	Inter-agence (10)	Alimentaire		Autres			
		Colis (11)	Palettes (12)	Mixte (13)			Sec (5)	Boissons (6)	Prod. Finis (7)	Produits Interm. (8)	Frais (4)	
Mouvements par parcours	Moy.	29,9	4,2	10,0	3,6	2,7	14,7	9,5	13,3	4,3	10,6	3,1
	ET	22,1	2,3	5,2	3,4	1,6	8,4	3,7	10,4	2,8	5,8	3,7
	Min	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Max	79	9	24	16	6	51	20	32	16	28	16
Distance totale du parcours	Moy.	66,5	125,4	97,2	88,6	73,6	81,6	61,4	126,7	116,2	135,5	31,0
	ET	38,2	90,6	70,0	88,6	36,0	56,5	33,6	31,3	92,2	114,2	42,4
	Min	23,1	13,0	11,0	12,0	12,5	9,8	5,0	45,0	24,0	8,0	1,5
	Max	167,4	269,3	292,2	406,9	160,0	400,0	150,0	145,0	518,0	400,0	200,0
Distance des liens principaux du parcours ⁵⁰	Moy.	18,1	30,4	23,9	17,2	23,9	29,7	15,8	-	29,5	22,5	-
	ET	11,1	26,0	18,3	13,5	13,6	18,7	7,3	-	20,1	19,9	-
	Min	2,5	5,0	2,0	3,5	6,0	3,1	1,5	-	1,0	0,5	-
	Max	52,5	88,0	93,8	61,2	57,5	70,5	29,2	-	90,5	84,5	-
Taille moyen du véhicule (PTAC en Tonnes)	Ave.	4,5	23,5	13,5	3,6	26,3	8,4	13,9	11,4	8,9	12,8	3,7
	StDev	4,2	13,7	8,2	3,2	12,2	10,0	2,3	11,0	9,2	6,5	3,8
	Min	1,0	5,5	3,5	1,0	11,9	1,2	6,6	1,2	2,3	1,8	1,0
	Max	23,5	44,0	44,0	34,0	44,0	44,0	19,2	36,0	44,0	34,0	44,0

Tableau 4.3.2 – Statistiques descriptives de la forme générale des parcours

(Source : ETMV 2014 « Chauffeurs-Livreurs », calculs de l'auteur)

Le Tableau 4.3.2 montre les statistiques descriptives tirées de la base Chauffeurs-Livreurs pour les différents types de parcours. Les valeurs en rouge sont les plus élevées pour chaque variable, les valeurs en vert les plus basses. L'analyse des écarts-types semble montrer que les catégories

⁵⁰ Rappel (voir chapitres 2 et 3) : les liens principaux du parcours sont ceux qui concernent le trajet entre le premier point de départ et le premier mouvement du parcours, et le dernier mouvement du parcours et son point d'arrivée (généralement depuis et vers l'entrepôt ou la plateforme d'où part le véhicule).

sont relativement homogènes pour la plupart des variables, à deux exceptions près : les parcours en courses et ceux en compte propre destinataire.

Ce résultat n'est pas tout à fait inattendu : il s'agit de deux secteurs qui se caractérisent justement par la variété de leurs activités, en fonction de la demande (pour les courses) et des stratégies d'approvisionnement de petits artisans et commerçants (pour le CPD).

La Figure 4.3.1 ci-dessous permet de représenter visuellement le contenu du Tableau 4.3.2, ce qui permet de mieux appréhender les différences opérationnelles importantes qui existent entre les différentes organisations logistiques décrites.

La Figure montre des parcours « moyens ». La localisation des points touchés est aléatoire. Par contre, le nombre de points touchés, la longueur des liens (principaux et ordinaires) du parcours, la taille des véhicules, ainsi que la durée des mouvements correspondent à la valeur moyenne pour chaque type de parcours.

Le schéma permet d'apprécier les différences entre les différents types. Ainsi, on note des différences importantes selon la segmentation des tournées de messagerie que nous avons choisie, avec une sorte de continuum, depuis la tournée de messagerie colis (de très nombreux mouvements, des trajets très courts et des petits véhicules) jusqu'à la tournée de messagerie palette (peu de mouvements, des trajets plus longs et de très grands véhicules), avec la tournée de messagerie traditionnelle ou mixte qui se situe entre les deux pour toutes les variables.

Ceci a du sens, au regard des exigences opérationnelles de chaque type de parcours. Dans le cadre de la messagerie colis, les quantités (en termes de poids) sont relativement faibles : le nombre de points desservis est très important et les véhicules de petite taille sont adaptés, surtout pour les trajets en agglomération dense. Les trajets sont courts parce que beaucoup de colis sont livrés en agglomération dense (commerces, bureaux, services) où la densité de la demande de livraison est plus forte.

De la même manière, les agences de messagerie colis sont généralement situées plus proches du centre-ville que les autres agences de messagerie, ce qui explique les distances plus courtes de marches d'approche des tournées (Heitz & Beziat, 2015; Heitz, et al., 2016).

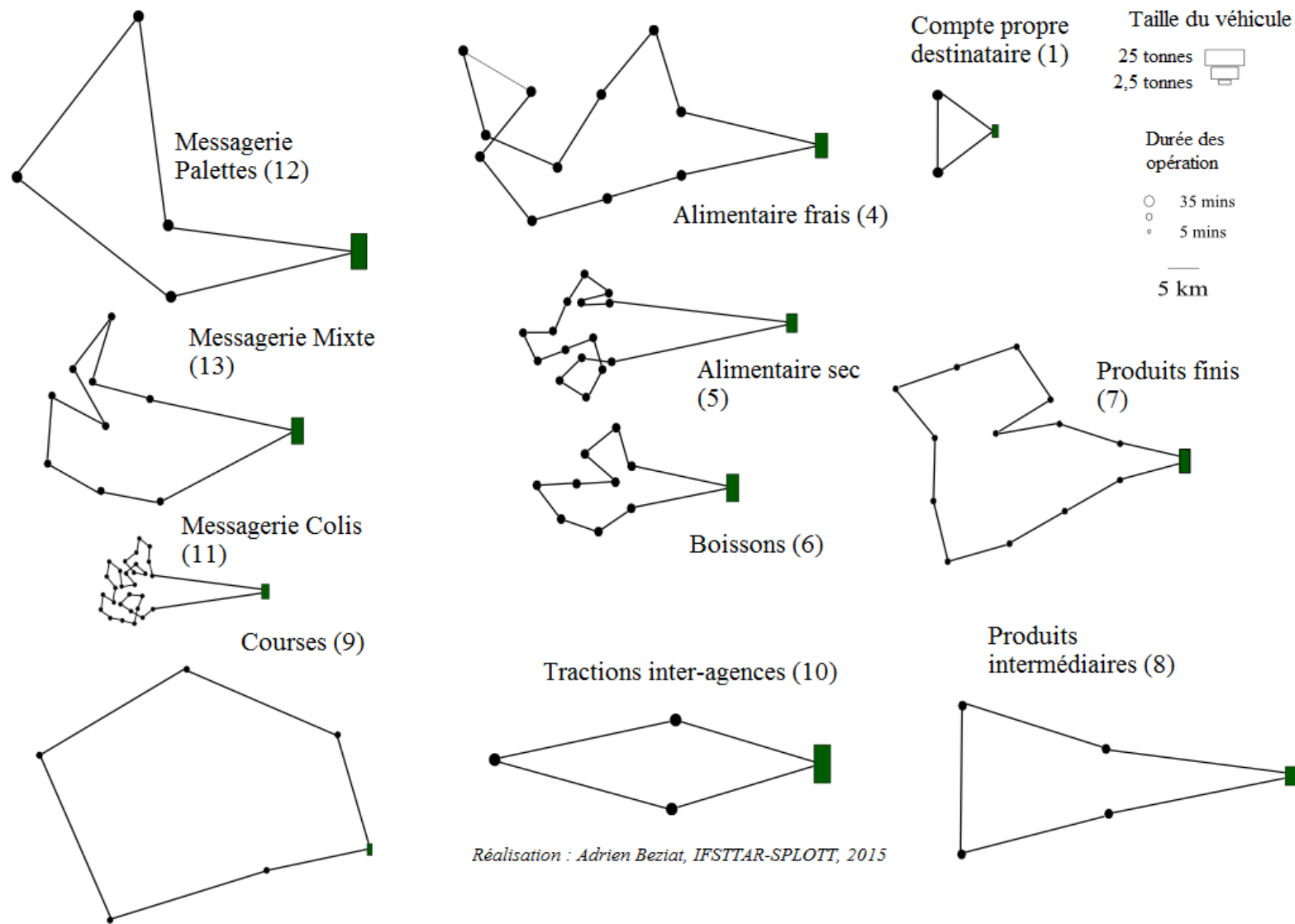


Figure 4.3.1 – Typologie finale des parcours : représentation graphique (Beziat, et al., 2015b)

La Figure 4.3.2 ci-dessous propose un exemple concret de ce que nous décrivons. Elle montre l'exemple d'une tournée de messagerie colis. Ce parcours est relativement typique d'un parcours « moyen » de cette organisation logistique : 26 livraisons réalisées, environ 80 km parcourus au total, dont une trentaine environ pour les « marches d'approches », les trajets principaux. La description de la tournée est relativement simple : le véhicule (une camionnette de < 3,5 T) part de Clamart au Sud-Ouest de Paris vers 7h45 un jeudi matin. Il rejoint la commune de Gennevilliers vers 9h via la départementale. Là-bas, 24 livraisons de colis sont réalisées (entre 0,1 et 23 kg, 8,4 kg en moyenne), sur un périmètre très restreint.

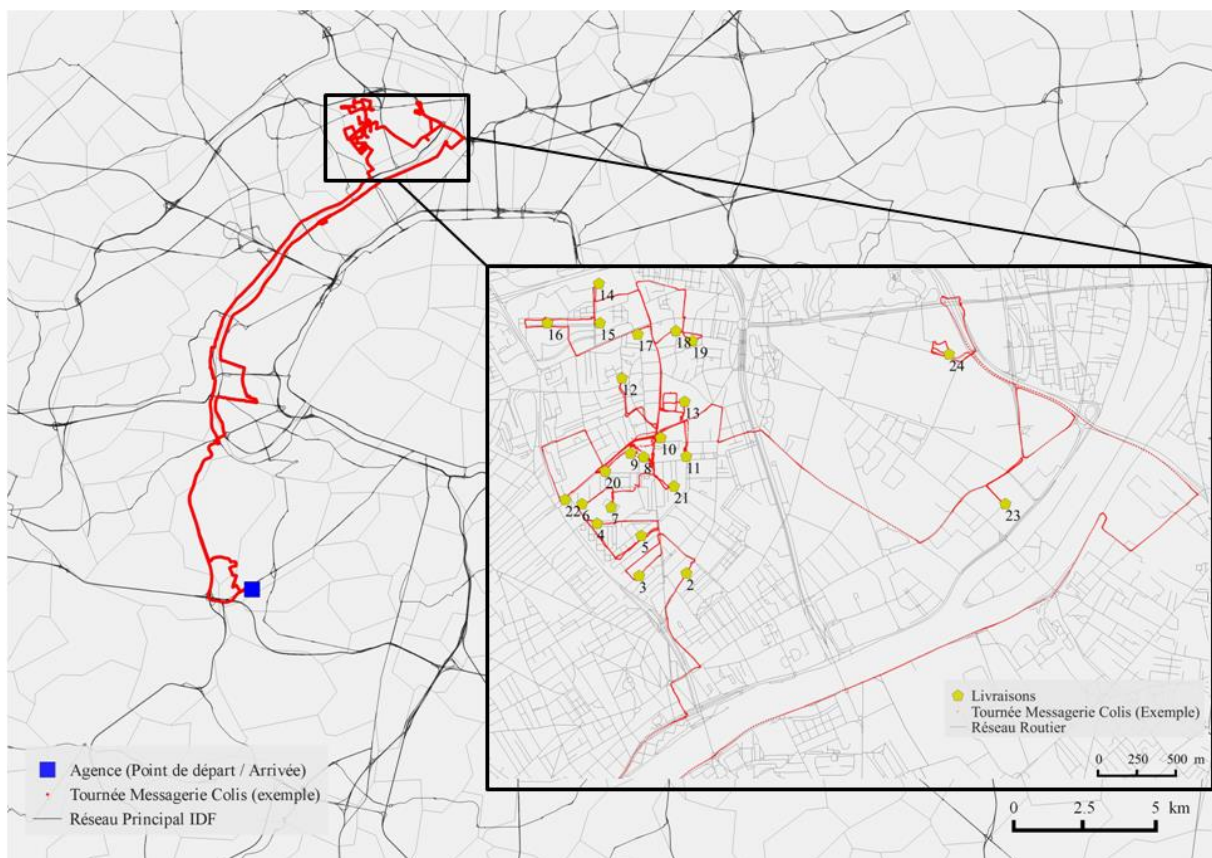


Figure 4.3.2 – Exemple d'une tournée de messagerie colis « typique »
(Source : ETMV 2014 « Chauffeurs-Livreurs » ; réalisation : auteur)

On observe au passage que la tournée ne suit pas un itinéraire « au plus court chemin » : plusieurs détours sont réalisés, probablement pour respecter des impératifs de planning et d'horaires d'ouverture des destinataires. Les livraisons durent entre 1 et 15 mn (5 mn en moyenne). Vers 12h, la tournée repart de Gennevilliers. Le chauffeur effectue encore deux livraisons sur son chemin (à Levallois-Perret et Boulogne-Billancourt, non représentés sur le zoom) et rentre à l'agence aux alentours de 13h30.

Les schémas des parcours en courses et inter-agences sont intéressants parce qu'ils sont relativement similaires : très peu de mouvements et une distance très importante entre les points du parcours. Les coursiers doivent parcourir des distances considérables dans des véhicules souvent petits, étant donnée l'absence de massification et les contraintes temporelles très fortes dues aux requêtes de leurs clients. Les parcours inter-agences, logiquement, desservent des agences, généralement situées en banlieue.

Les trajets inter-agences se font donc de banlieue à banlieue et sont logiquement assez longs. Les véhicules sont très grands puisqu'il s'agit souvent de transport de lot complet, pour lequel l'usage de camions articulés se justifie pleinement. Notons qu'il ne s'agit que de parcours inter-agences à l'intérieur de la région Ile-de-France. Les réseaux de messagerie nationaux exigent par ailleurs des tractions inter-agences interrégionales, qui ne sont pas représentés ici, et dont les distances et durées sont autrement plus importantes.

Les schémas pour les différents transporteurs spécialisés (distributeurs en compte propre ou professionnels du transport) sont relativement similaires, malgré quelques différences. On note par exemple que des distances ordinaires parcourues sont plus importantes pour l'alimentaire frais (et pour les boissons dans une moindre mesure) que pour l'alimentaire sec, peut-être parce que ces opérations de transport concernent des produits un peu plus spécialisés dont la demande est plus dispersée.

Les liens principaux des parcours de livraisons de boissons sont logiquement plus courts que les autres car si les HCR sont majoritairement situés en centre-ville dans la zone dense, les entrepôts les desservant le sont aussi. Ces bâtiments logistiques sont en effet parmi les plus proches du centre de l'agglomération, étant parfois même situés dans Paris intramuros. Les liens principaux des parcours d'alimentaire sec sont plus longs, notamment car la concentration des distributeurs alimentaires est, elle, plus lointaine, le MIN de Rungis notamment étant situé à environ 10 km de Paris (Heitz, et al., 2016).

Les parcours de produits finis (gérés par des distributeurs eux-aussi) sont plus difficiles à analyser en détail du fait de l'absence de données précises à leur sujet (pas de questionnaires « embarqués »). Nous n'avons, par exemple, pas de renseignement concernant les distances des liens principaux. Autrement, la forme est tout à fait similaire à l'alimentaire sec par exemple. Par contre, le transport de produits intermédiaires, réalisés par des distributeurs ou par des transporteurs professionnels, ressemble plus aux parcours inter-agences : les parcours touchent des lieux de production généralement situés en dehors des agglomérations.

Enfin, le type compte propre destinataire est en quelque sorte la « singularité » des parcours. La connaissance concernant ces parcours est quasi inexistante, à part venant des enquêtes TMV. Ils touchent très peu de points en moyenne, la plupart étant réalisés en trace directe. La distance parcourue est relativement faible, à l'aide de véhicule de petite taille. La durée des opérations est longue, ce qui s'explique par le fait qu'il s'agit très souvent de commerçants et artisans indépendants qui réalisent leurs achats dans des établissements de commerce de gros de type cash & carry. Etant donnée l'hétérogénéité des valeurs, et la relative faiblesse de l'échantillon, les valeurs moyennes doivent être maniées avec précaution.

L'analyse des formes des tournées en fonction de leur organisation logistique est donc riche en enseignements étant donnée la grande variété des services proposés par les transporteurs et les distinctions opérationnelles très importantes qui en découlent.

4.3.2 Représentation temporelle des parcours : approche par les formes urbaines et l'organisation logistique

L'étude de la forme des parcours passe également par l'analyse de la répartition temporelle des actions des chauffeurs-livreurs au cours de leurs itinéraires. L'analyse de cette durée explique l'occupation de la voirie de deux manières : d'abord le temps passé à stationner au cours du parcours (que l'on analysera plus en détail dans le chapitre 5) ; ensuite parce que la durée explique indirectement les formes spatiales de la tournée : en effet, les conducteurs sont soumis à des contraintes horaires réglementaires qui limitent le temps de travail consécutif (Cholez, 2002b; Dablanc, 1997) qu'ils peuvent fournir. En conséquence, il est évident que les formes des tournées (distance parcourue notamment) sont directement limitées par le temps. Un chauffeur-livreur qui perd du temps dans les embouteillages limite nécessairement le nombre d'établissement qu'il peut desservir au cours de son parcours.

De manière synthétique, on peut répartir le temps du chauffeur-livreur entre le temps de conduite et le temps passé à réaliser des activités annexes liées au chargement / déchargement de son véhicule. La Figure 4.3.3 donne à la fois la durée moyenne d'un parcours pour chaque organisation logistique, tout en distinguant le pourcentage de temps passé par les chauffeurs-livreurs au cours de leurs parcours utilisé pour le temps de conduite et le pourcentage de temps passé au chargement / déchargement des véhicules. A l'intérieur du temps de conduite, on peut aussi distinguer le temps passé pour les trajets principaux de celui passé pour les trajets ordinaires.

D'un côté, le temps de conduite n'est pas directement fonction de l'organisation logistique. Par contre, le temps passé à charger / décharger les marchandises du véhicule est entièrement fonction de l'organisation logistique : à la fois le nombre d'opérations de livraisons / enlèvement, et la quantité de marchandises qui est livrée / enlevée à chaque fois. Ainsi, la proportion est très différente en fonction de l'organisation logistique.

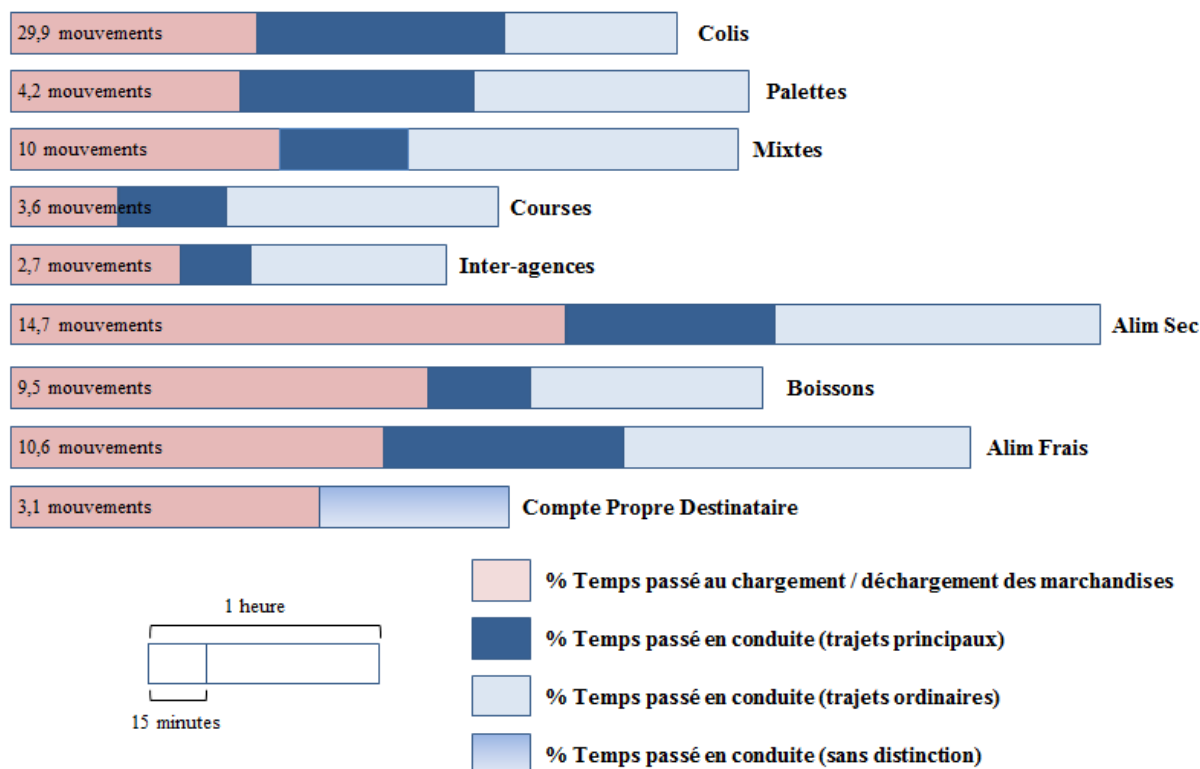


Figure 4.3.3 – Représentation visuelle de la répartition temporelle des activités des chauffeurs-livreurs en fonction de leur organisation logistique (calculs de l'auteur)

On voit d'abord que les parcours de messagerie sont remarquablement similaires les uns aux autres en termes de durée globale, malgré le fait qu'ils permettent le transport de marchandises très différentes (en quantité et en conditionnement). Le temps de manutention est à peu de choses près le même pour les trois types, malgré un nombre de mouvements très différents, ce qui paraît logique : un colis est beaucoup plus rapide à charger / décharger qu'une palette.

Il y a donc une certaine invariance dans l'organisation temporelle des parcours de réseaux de messagerie, malgré les différences opérationnelles imposées par le conditionnement. Le pourcentage très faible de temps passé à charger / décharger est également cohérent pour les courses, étant donné le fait que beaucoup de courses sont réalisées pour livrer une quantité faible de marchandises le plus rapidement possible.

Le pourcentage très élevé de temps passé à la manutention des marchandises s'explique également pour les profils de distributeurs alimentaires. Il s'agit d'abord souvent de quantité de marchandises considérables. Il s'agit aussi parfois d'opérations de manutention rendues complexes par la fragilité des marchandises transportées (c'est notamment le cas pour les boissons). Les clients étant souvent des commerçants et des HCR, on peut aussi faire l'hypothèse d'un temps plus important qu'ailleurs passé pour le contact commercial (revue des marchandises livrées, prise de commandes supplémentaires).

Ce pourcentage est aussi très élevé pour le Compte Propre Destinataire : il s'agit d'auto approvisionnement, donc de commerçants ou d'artisans qui font finalement leurs propres courses, qui peuvent prendre assez longtemps. Les marchandises achetées ne sont pas non plus toujours conditionnées de manière à faciliter la manutention.

Comme on l'a dit plus haut, la durée de conduite ne dépend que peu de l'organisation logistique du transporteur. Elle est fonction de la distance parcourue, d'une part (qui elle est fonction de la localisation des clients, donc des formes urbaines, et de l'organisation logistique du transporteur). Par contre, comme on le voit sur la Figure 4.3.4 ci-dessous, la relation linéaire entre la durée et la distance n'explique pas tout.

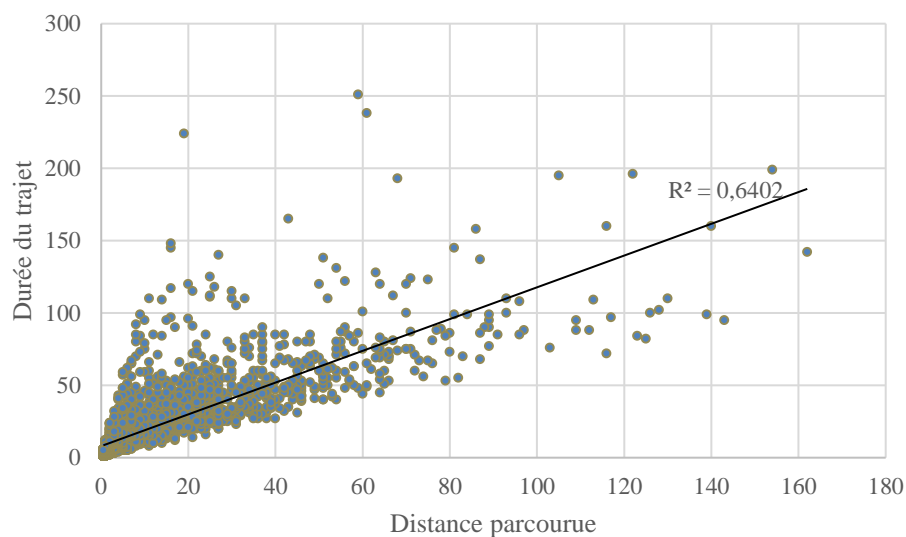


Figure 4.3.4 – Relation entre la distance parcourue et la durée des trajets des parcours
(Source : ETMV 2014 « Chauffeurs-Livreurs », calculs de l'auteur)

Bien sûr, la durée de conduite va aussi être fonction de la qualité des infrastructures de transport et du trafic rencontré sur la route (donc à la fois des formes urbaines et des pratiques de mobilité des autres usagers). Dans une certaine mesure, le choix du véhicule va aussi jouer.

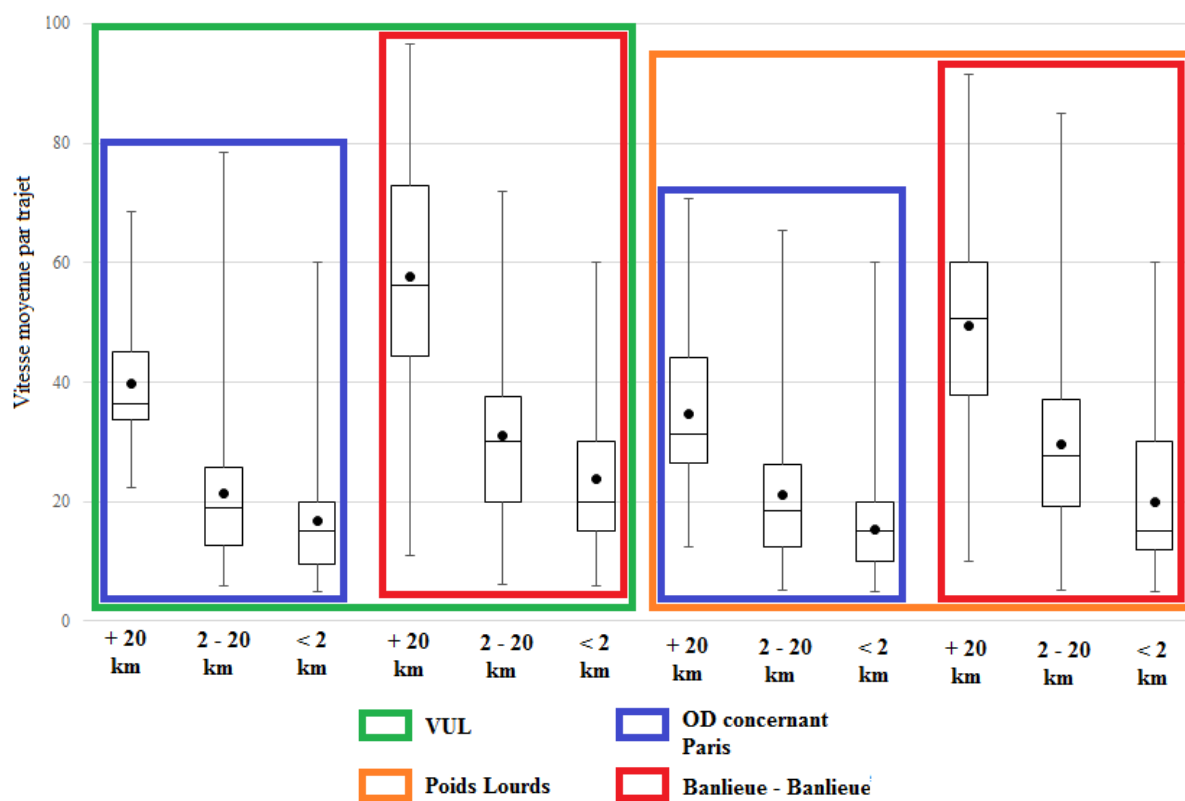


Figure 4.3.5 – Vitesse des trajets des parcours en fonction de la distance parcourue, des types de véhicules et des origines – destinations (calculs de l’auteur)

La Figure 4.3.5 montre la distribution statistique des vitesses moyennes (km / h) sous la forme de box-plot⁵¹. Les trajets sont séparés en plusieurs échantillons en fonction de plusieurs critères : la distance parcourue, le type de véhicule et les origines-destinations. Cette méthode permet d’illustrer plusieurs grandes tendances. D’abord, la distance joue un rôle considérable : plus elle est faible, plus la vitesse baisse.

Cela est cohérent : plus la distance est longue, plus les trajets vont emprunter des infrastructures de transport importantes, avec des vitesses autorisées plus importantes (voies express ou autoroutes). Au contraire, des petits déplacements (< 2 km) seront généralement réalisés en empruntant des infrastructures de faible dimension, souvent en milieu urbain donc congestionnées. Ensuite, le type de véhicule a un impact certain, les poids lourds étant plus lents que les VUL dans toutes les situations, ce qui encore une fois est tout à fait logique, les poids lourds étant plus lents

⁵¹ Le Box-Plot (ou diagramme à moustache) permet de montrer plusieurs valeurs d’une distribution : le minimum, maximum, 1^{er} et 3^{ème} quartile, ainsi que la médiane. Ici, la moyenne est également représentée par un point noir.

et moins maniables que les petits véhicules. Ils sont aussi parfois limités par des vitesses autorisées plus faibles que celles des petits véhicules, notamment sur autoroute.

Enfin, la zone d'origine et de destination est également importante. Les trajets des OD concernant Paris (Paris – Paris, Paris – Banlieue ou Banlieue – Paris) sont systématiquement plus lents que les autres, ce qui indique à la fois l'impact de la densité (et donc de la concurrence des autres usagers), mais aussi de la qualité des infrastructures de transport (faible dimensionnement des réseaux, vitesse autorisée souvent plus basse avec beaucoup de zones 30 ou partagées).

Nous regarderons plus en détail cette relation entre durée et distance dans le chapitre 8 sur la mesure de la congestion en Ile-de-France. Pour le moment, nous pouvons nous contenter d'une simple constatation. Les déplacements les plus problématiques sont les déplacements urbains de courte distance (17 km/h en moyenne pour un VUL, 15 km/h pour un poids lourd).

Les véhicules sont alors à leur vitesse moyenne la plus basse : ils sont sur des parties du réseau secondaire, avec des vitesses autorisées plus basses, souvent plus de feux rouges ou des routes non prioritaires. Certains déplacements sont même inférieurs à quelques centaines de mètres : les véhicules n'ont tout simplement pas le temps d'atteindre une vitesse élevée de croisière après l'accélération, avant de décélérer à nouveau. Les trajets les « moins efficaces » en termes de vitesse sont donc bien les trajets courts de centres-villes.

4.3.3 Comprendre les organisations logistiques : implications et limites pour la recherche

Dans cette section, nous avons pu montrer à l'aide de statistiques descriptives simples l'importance de prendre en compte l'organisation logistique pour expliquer la forme des parcours des marchandises en milieu urbain. Et donc, par extension, pour comprendre l'occupation de la voirie (nombre des mouvements et des trajets, longueurs et durée des trajets, durée des mouvements, véhicule employé), qui diffère selon l'organisation envisagée.

Cela dit, nous reconnaissons que la méthode qualitative de classification des parcours employée ici n'est pas pertinente pour une application directe dans un processus de modélisation. Les bases de données qui serviraient d'input au modèle ne permettraient pas de reconstituer les différents profils logistiques. De plus, même si l'on arrive à classer les différents parcours, on ne sait pas ce qu'ils représentent dans une agglomération, puisqu'il n'y a aucun point commun entre cette

classification des parcours et les mouvements générés par les établissements. Il est donc difficile d'envisager un redressement des parcours sur cette base, vu les données existantes.

Notre contribution se limite à offrir des pistes de réflexion à la modélisation des parcours prenant en compte les organisations logistiques et la nature des opérateurs de transport. Cette description des parcours nous interpelle par exemple concernant la notion de mode de gestion, qui est une variable proxy permettant de connaître l'opérateur de transport.

Cette distinction entre compte d'autrui (CA), compte propre expéditeur (CPE), et compte propre destinataire (CPD) était tout à fait pertinente dans les années 1990 : le CA recouvrait les transporteurs de la messagerie traditionnelle (malgré, déjà, l'émergence des premiers réseaux colis montrant des caractéristiques opérationnelles distinctes (Patier, et al., 2004)), le CPE les distributeurs, et le CPD l'auto approvisionnement des petits commerçants. Aujourd'hui, cette distinction est-elle toujours aussi pertinente, étant données nos connaissances de la segmentation et de la spécialisation des acteurs du secteur ?

Notons d'abord que les parcours de l'alimentaire sec et des boissons, dont le transport est généralement réalisé par des distributeurs grossistes en compte propre, n'ont pas une forme si différente du parcours moyen réalisé dans un réseau de messagerie. Parallèlement, on observe des différences significatives au sein du compte pour autrui : il y a peu de points communs entre une tournée de livraisons de colis et une tournée de livraisons de palettes, ou une course. La messagerie traditionnelle présente aussi un visage très différent.

La Figure 4.3.6 illustre ces différences. L'utilisation des profils logistiques permet d'observer une homogénéité des formes des parcours plus importante que le recours aux modes de gestion. La forme des box-plots des organisations logistiques montre une hétérogénéité beaucoup moins importante du nombre de points par parcours que l'utilisation des modes de gestion du compte pour autrui et du compte propre expéditeur.

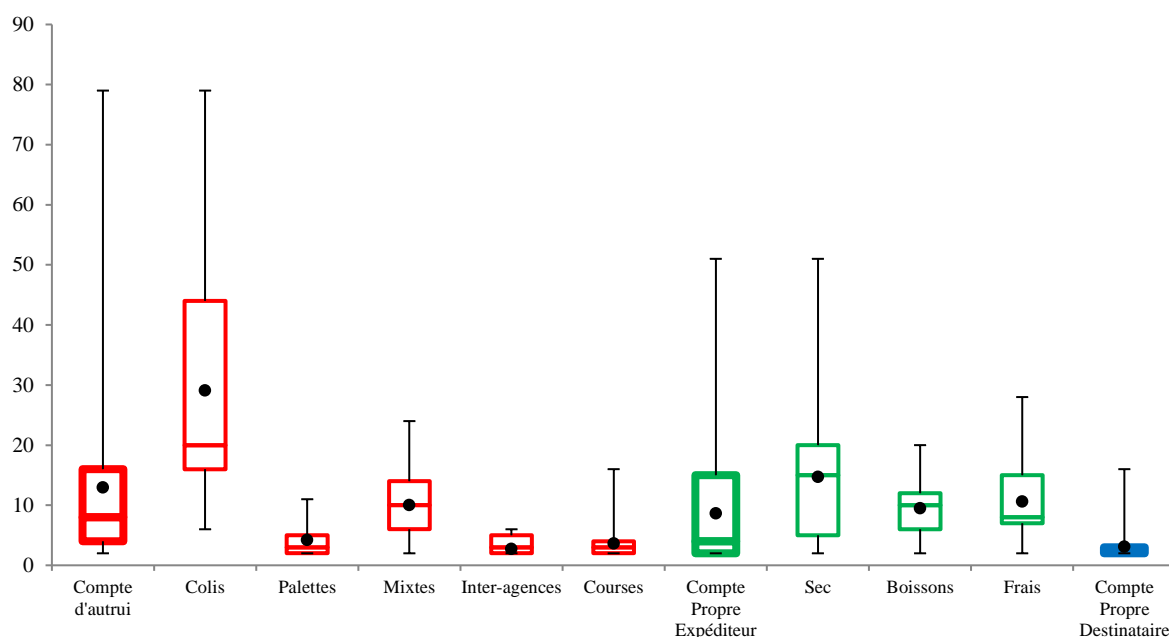


Figure 4.3.6 – Distribution statistique du nombre de mouvements par parcours selon l'organisation logistique (calculs de l'auteur)

Deux catégories (colis et alimentaire sec) pourraient être encore affinées pour obtenir des catégories plus homogènes. La distribution statistique des parcours de type « palettes », « mixtes », « inter-agences » et « courses » (qui sont tous du compte pour autrui) est plus homogène que la catégorie globale « compte pour autrui ». Cette approche qualitative pourrait donc permettre d'identifier des organisations aux pratiques logistiques plus homogènes. Identifier l'organisation logistique d'un parcours peut donc être une option intéressante pour expliquer sa forme.

Conclusion

Les parcours des véhicules de marchandises en milieu urbain sont très complexes, comme le montre notre revue de littérature. Les formes de ces parcours dépendent en grande partie de choix opérés directement par les chauffeurs-livreurs (difficilement visible sans avoir recours à des démarches d'entretiens sociologiques). Elles dépendent aussi de choix opérés au niveau de l'entreprise de transport, et plus largement de son organisation logistique : quelles marchandises sont transportées ? Quel est leur conditionnement ? Quel choix du véhicule est opéré ? Quel client est desservi ?

Derrière la manifestation physique évidente du TMV, le camion, se cache des organisations économiques complexes et des secteurs d'activité très différents. En fonction de la demande du client et de leurs ressources, les opérateurs de transport mettent en place des services de transport spécialisés, aux caractéristiques opérationnelles différentes. En raison notamment de la rareté de données quantitatives désagrégées et multisectorielles concernant des parcours, très peu d'études existent sur le sujet.

Dans le cadre du chapitre 4, nous proposons une typologie des parcours de la base de données « Chauffeurs-Livreurs » de l'ETMV. Cette typologie est construite de manière qualitative, à partir de notre connaissance du marché du TMV et des différents groupes d'entreprises qui le composent. Nous décrivons aussi les différents types de parcours à partir d'indicateurs statistiques descriptifs assez simples : le nombre de points touchés, la distance parcourue, la durée de la tournée, le type de véhicule utilisée...

La comparaison des différents types de parcours tend à montrer que, selon les profils logistiques, les caractéristiques opérationnelles des parcours changent. Il n'y a donc pas beaucoup de ressemblance, par exemple, entre une tournée de messagerie colis et une tournée de messagerie palettes, alors qu'il s'agit de deux opérateurs en compte pour autrui qui réalisent le transport. Au contraire, des opérateurs en compte propre expéditeur ont des profils de tournées qui peuvent ressembler à ceux de la messagerie dite traditionnelle (compte d'autrui).

Cette distinction des parcours selon leur organisation logistique nous paraît pertinente pour deux raisons. Elle nous paraît d'abord importante puisqu'elle confirme le fait que les organisations logistiques peuvent être un bon moyen d'expliquer la forme spatiale des déplacements des tournées, et donc les formes d'occupation de la voirie des véhicules de marchandises.

De plus, cette analyse nous paraît intéressante dans son lien avec les politiques publiques potentielles qui peuvent être appliquées au fret urbain. Il semble en effet nécessaire de connaître les organisations logistiques visées par une politique publique donnée (Browne, 2000) pour 1) estimer les impacts d'une politique publique donnée sur une organisation logistique considérée, 2) déterminer la « prédisposition » d'une organisation logistique donnée à réagir positivement à certaines formes de politique (notamment celles basées sur le volontariat), et 3) évaluer les besoins des opérateurs de transport pour les inciter à améliorer leurs performances (économique ou environnementale), notamment en termes d'infrastructure (pour la circulation ou le stationnement).

Bibliographie du chapitre 4

- Allen, J. & Browne, M., 2008. *Review of Survey Techniques Used in Urban Freight Studies*, University of Westminster, London, UK: Report produced as part of the Green Logistics Project: Work Module 9 (Urban Freight Transport).
- Artous, A. & Salini, P., 2005. *Les Opérateurs Européens de Fret et la Mondialisation*. Arcueil: Les Collections de l'INRETS - Rapport n°264.
- Ballantyne, E. E. F. & Lindholm, M., 2013. Identifying the Need for Freight to be Included in Local Authority Transport Planning. Dans: *Sustainable urban logistics: concepts, methods and information systems*. Berlin, Allemagne: Springer, p. 11.
- Baudel, T., Dablanc, L., Alguiar-Melgarejo, P. & Ashton, J., 2016. Optimizing Urban Freight Deliveries: From Designing and Testing a Prototype System to Addressing Real Life Challenges. *Transportation Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 170-180.
- Beyer, A., 1999. *Morphologies et dynamiques territoriales des services de messagerie*. Paris: Thèse de doctorat - Université Paris XII Val-de-Marne.
- Beziat, A., Launay, P. & Toilier, F., 2015b. *A Comprehensive View of Goods Transport Systems -- Typology and Analysis of Delivery Tours in the Paris Region*. Long Beach, CA, USA, 6th Metrans International Urban Freight Conference.
- Boerkamps, J. & van Binsbergen, A., 1999. *GoodTrip - A New Approach for Modelling and Evaluation of Urban Goods Distribution*. Cairns, Australia, 1st Conference on City Logistics.
- Browne, M., 2000. Les avantages d'une approche de chaîne d'approvisionnement pour le transport urbain de fret. Dans: *L'intégration des marchandises dans le système de déplacements urbains*. Montréal, Canada: Etudes et Recherche, pp. 107-123.
- Caron, F., 1991. Contraintes de travail et représentations spatiales: un exemple chez le chauffeur-livreur. *Recherche Transports Sécurité*, Volume 30, pp. 3-10.
- CCTN, 2014. *Comptes des Transports de la Nation*. Paris: Rapport pour la Commission des Comptes des Transport de la Nation.
- Cholez, C., 2002a. *Une culture de la mobilité : trajectoires et rôles professionnels des chauffeurs-livreurs de messagerie et fret-express*. Tours: Thèse de doctorat - Université François Rabelais.
- Cholez, C., 2002b. La résolution au quotidien des contraintes urbaines par les chauffeurs-livreurs. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 41, pp. 3-30.
- Cruz, C., 2011. *Le transport pour compte propre, un transport routier comme un autre ? : pratiques et territoires en France depuis la déréglementation*. Cergy-Pontoise: Thèse de doctorat: Université de Cergy-Pontoise.
- Dablanc, L., 1997. L'invisibilité juridique du transport de marchandises en ville. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 31, pp. 5-29.
- Dablanc, L., 2017. Le boom des livraisons instantanées. *TEC*, Avril, pp. 20-21.
- Donnelly, R., Wigan, M. & Thompson, R., 2009. *A hybrid microsimulation model of urban freight travel demand*. s.l.: HE Transportation and Communications.
- Ducret, R., 2015. *Nouvelles organisations de la distribution urbaine des colis sur le dernier kilomètre : innover par une approche spatiale*. Paris: Thèse de Doctorat : Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Figliozzi, M. A., 2007b. Analysis of the efficiency of urban commercial vehicle tours: Data collection, methodology, and policy implications. *Transportation Research Part B*, Volume 41, pp. 1014-1032.
- Figliozzi, M. A., Kingdon, L. & Wilkitzki, A., 2007. *Analysis of Freight Tours in a Congested Urban Area Using Disaggregated Data: Characteristics and Data Collection Challenges*. Long Beach, CA, USA, Proceedings 2nd Annual National Urban Freight Conference.
- Gérardin, B., Patier, D., Routhier, J.-L. & Segalou, E., 2000. *Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération*, Paris: Rapport MELT-DRAST - Programme Marchandises en Ville : document technique n°1.
- Giuliano, G., O'Brien, T., Dablanc, L. & Holliday, K., 2013. *Synthesis of Freight Research in Urban Transportation Planning*, Washington, D.C., USA: National Cooperative Freight Research Program Report.
- Greaves, S. & Figliozzi, M. A., 2008. Collecting Commercial Vehicle Tour Data with Passive Global Positioning System - Issues and Potential Application. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2049, pp. 158-166.
- Heitz, A. & Beziat, A., 2015. The Parcel Industry in the Spatial Organization of Logistics Activities in the Paris Region: Inherited Spatial Patterns and Innovations in Urban Logistics Systems. *Transport Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 812-824.
- Heitz, A., Launay, P. & Beziat, A., 2016. *Heterogeneity of Logistics Facilities: An Issue for a Better Understanding and Planning of the Location of Logistics Facilities*. Goteborg, Suède, VREF Conference on Urban Freight.

- Holguín-Veras, J. & Patil, G., 2005. Observed Trip Chain Behavior of Commercial Vehicles. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 1906(1), pp. 74-80.
- Holguín-Veras, J. & Thorson, E., 2000. Trip Length Distributions in Commodity-Based and Trip-Based Freight Demand Modeling - Investigation of Relationships. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1707, pp. 37-48.
- Holguín-Veras, J., Thorson, E., Wang, Q., Xu, N., Gonzalez-Calderon, C., Sanchez-Diaz, I. & Mitchell, J., 2013. Urban Freight Tour Models: State of the Art and Practice. Dans: *Freight Transport Modelling*. Bingley: Emerald, pp. 335-351.
- Hunt, J. D. & Stefan, K. J., 2007. Tour-based microsimulation of urban commercial movements. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(9), pp. 981-1013.
- Hunt, J. D., Stefan, K. J. & Brownlee, A. T., 2006. Establishment-Based Survey of Urban Commercial Vehicle Movements in Alberta, Canada: Survey Design, Implementation, and Results. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 1957(1), pp. 75-83.
- Launay, P., 2017. *Dynamiques territoriales et organisationnelles des réseaux de messagerie (titre provisoire)*. Paris: Thèse de Doctorat à paraître: Université Paris-Est Marne-la-Vallée.
- Liedtke, G., 2009. Principles of micro-behavior commodity transport modeling. *Transportation Research Part E*, Volume 45, pp. 795-809.
- Mason, F., Fabart, A. & Lille, F., 1977. *Le transport routier pour compte propre*, Paris: Groupe d'Etudes pour l'Équipement, les Transports et l'Aménagement.
- Mommens, K., van Lier, T. & Macharis, C., 2016. Loading Unit in Freight Transport Modelling. *Procedia Computer Science*, Volume 83, pp. 921-927.
- Morvan, Y., 1991. *Fondements d'économie industrielle*. Paris: Economica.
- Nuzzolo, A., Crisalli, U. & Comi, A., 2012. A system of models for the simulation of urban freight restocking tours. *Procedia - Social and Behavioral Sciences - The Seventh International Conference on City Logistics*, Volume 39, pp. 664-676.
- Outwater, M., Islam, N. & Spear, B., 2005. *The Magnitude and Distribution of Commercial Vehicles in Urban Transportation*. Washington D.C., USA, 84th Transportation Research Board Annual Meeting - Compendium of Papers.
- Patier, D., Cholez, C., Routhier, J.-L. & Ambrosini, C., 2004. *Methodologie des enquêtes tournées dans les agglomérations urbaines*, Lyon: Rapport pour la DRAST - Volume 1.
- Patier, D., Routhier, J.-L., Ambrosini, C., Durand, S., Bossin, P., Gelas, P. & Le Nir, M., 1997. *Transport de marchandises en ville: Enquête quantitative réalisée à Bordeaux*, Lyon: Rapport Final MELT-DRAST.
- Pluvinet, P., Gonzalez-Feliu, J. & Ambrosini, C., 2012. GPS data analysis for understanding urban goods movement. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 39, pp. 450-462.
- Raimbault, N., 2014. *Gouverner le développement logistique de la métropole : périurbanisation, planification et compétition métropolitaine, le cas du bassin parisien et éclairages étrangers*. Paris: Thèse de Doctorat : Université Paris Est - Marne-la-Vallée.
- Regan, A. C. & Garrido, R., 2001. Modelling freight demand and shipper behaviour: State of the art, future directions. Dans: *Travel behaviour research*. New York, USA: Elsevier, pp. 185-215.
- Renaut, L., 1987. Situations de travail des chauffeurs-livreurs: étude préliminaire réalisée dans le secteur de la messagerie. *Recherche Transports Sécurité*, Volume 16, pp. 23-30.
- Roorda, M., Meyburg, A. & Browne, M., 2009. Surveys on urban freight transport: synthesis of a workshop. Dans: *Transport Survey Methods: Keeping up with a Changing World*. Bingley: Emerald, pp. 289-294.
- Sauvage, T., 1995. *L'évolution des coûts de distribution et la maîtrise des reports de coûts ; exemples liés à la grande distribution urbaine et au transport urbain de messagerie*, Paris: Rapport pour la DTT/SAE - Tome 1.
- Savy, M., 1993. Logistique et territoire. *Espace géographique*, 22(3), pp. 210-218.
- Savy, M., 2011. *Le transport de marchandises*. Paris: Eyrolles.
- Scherer, F. M. & Ross, M., 1990. *Industrial Market Structure and Economic Performance*. Chicago: Houghton Mifflin.
- Stefan, K. J., McMillan, J. D. P. & Hunt, J. D., 2005. Urban Commercial Vehicle Movement Model for Calgary, Alberta, Canada. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 1921(1), pp. 1-10.
- Taniguchi, E. & Van der Heijden, R., 2000. An evaluation methodology for city logistics. *Transport Reviews*, 20(1), pp. 65-90.
- Toilier, F., Alligier, L., Patier, D. & Routhier, J.-L., 2005. *Vers un modèle global de la simulation de la logistique urbaine : FRETURB, version 2*, Paris: Rapport Final MELT-DRAST.
- Vleugel, J. & Janic, M., 2004. *Route choice and the impact of 'Logistic routes'*. Madère, Portugal, Logistics Systems for Sustainable Cities: Proceedings of the 3rd International Conference on City Logistics, pp. 221-233.

Wainwright, I., 2016. *Planning for the better use of public space*. Goteborg, Suède, VREF Conference on Urban Freight.

Wang, Q. & Holguín-Veras, J., 2009. *Tour-based entropy maximization formulations of urban commercial vehicle movements*. Washington, D.C., USA, Annual Meeting of the Transportation Research Board.

Wisetjindawat, W. & Sano, K., 2003. A Behavioral Modeling in Micro-Simulation for Urban Freight Transport. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Volume 5, pp. 2193-2208.

Chapitre V – Les « derniers mètres » de la logistique : analyse du stationnement des chauffeurs-livreurs en milieu urbain

Introduction

Dans « Le temps d'un piège » (1989), Patrick Hamelin décrit les conditions de travail d'un conducteur de poids lourds, « Doudou », qui, astreint aux contraintes imposées par ses commanditaires, est « *toujours à la poursuite du temps perdu, au besoin au mépris des règles de sécurité* ». Cette analyse faite à la fin des années 1980 est toujours pertinente de nos jours pour les chauffeurs-livreurs urbains.

Dans le cadre de leur activité, ceux-ci sont soumis à diverses pressions (Caron, 1991) : leurs clients, l'espace public, les autres utilisateurs éventuels de cet espace, les marchandises qu'ils transportent ainsi que leur propre véhicule. Face à ces contraintes diverses, ils font généralement passer les besoins de leur client avant les autres (Renaut, 1987). Les opérateurs de transport sont tenus à certains standards de performance, qui reposent sur leur capacité à livrer les marchandises en temps et en heure. Cette pression peut les pousser à stationner illégalement pour gagner du temps. Ceci est montré par les résultats de l'enquête TMV, que nous allons développer dans ce chapitre.

La littérature évoque souvent le(s) « dernier(s) kilomètre(s) » de la logistique, à la fois pour les coûts sociaux qu'il occasionne pour les autres utilisateurs, ainsi que pour les coûts privés des transporteurs qui le réalisent. En fait, il faudrait distinguer, au sein de ceux-ci les « derniers mètres » de l'opération de transport.

D'abord parce qu'il s'agit d'une véritable opération logistique avec ses caractéristiques : transport des marchandises à l'aide ou non d'outils de manutention, contacts avec le client, éventuelle réorganisation de la cargaison dans le véhicule... Ensuite parce que ce dernier mètre suppose une opération de stationnement, qui a un coût. Il a un coût social, étant donnée les impacts qu'il peut provoquer : congestion, pollution supplémentaire due à la congestion, risques d'accidents... Et il a un coût privé pour les transporteurs : potentielles amendes en cas de stationnement illégale, pertes de temps pour les chauffeurs-livreurs...

Dans ce chapitre, nous analysons les déterminants des choix de stationnement des chauffeurs livreurs. La section 1 présente un panorama descriptif classifiant ces déterminants du choix de stationnement, pour les conducteurs. La revue de littérature est d'abord généraliste (conducteurs, passagers et marchandises), puis se concentre sur les opérations de fret. Dans la section 2, nous analysons empiriquement le choix de stationnement des chauffeurs-livreurs, à l'aide de statistiques descriptives issues de bases de données que nous décrivons préalablement.

Nous analysons le choix de stationnement au sein de trois dimensions : les exigences et l'organisation logistique auxquelles est soumis le chauffeurs-livreur ; les formes urbaines dans lesquelles se déroule le mouvement ; la demande en infrastructure des autres utilisateurs de la voirie.

5.1 Les déterminants du choix du mode de stationnement pour le transport de marchandises en ville : revue de littérature

5.1.1 Les choix de stationnement dans la littérature : enjeux et démarches de modélisation

On estime que les voitures individuelles passent environ 80% de leur temps en situation de stationnement résidentiel, et 16,5% de leur temps stationnées ailleurs (Bates & Leibling, 2012). Comme on l'a vu dans le chapitre 4, les véhicules de TMV passent, selon leur organisation logistique, entre 20 et 60% de leur temps de tournées en stationnement pour des opérations de chargement et déchargement. En dehors des temps de tournées, les véhicules professionnels sont remisés dans des parkings privés ou dans la rue.

On peut donc estimer sans risque que les véhicules motorisés occupent bien plus souvent l'espace privé ou public en situation de stationnement qu'en circulation. Pourtant, la littérature concernant les enjeux du stationnement, notamment en milieu urbain, est moins fournie que la littérature sur les véhicules en circulation (Marsden, 2006). Et la grande majorité de cette littérature concerne les choix des conducteurs de véhicules passagers.

Les enjeux des questions de stationnement sont multiples pour les politiques publiques. Le stationnement gênant est d'abord source de nombreuses externalités négatives, notamment la congestion (Arnott & Inci, 2006). L'arrêt des véhicules sur la chaussée diminue l'espace de

voirie et donc la capacité routière d'une infrastructure, comme nous le développerons plus loin dans ce chapitre 7.

Le temps passé à chercher une place de parking (« *cruising time* » en anglais) représente une part notable du trafic : entre 5 et 10% dans les centres des villes françaises (Lefauconnier & Gantelet, 2005). D'après une étude anglaise, plus de 28% des automobilistes passent au moins vingt minutes à trouver une place de parking (RAC Foundation, 2004). Ce temps de recherche contribue à augmenter le nombre de véhicules-kilomètres parcourus en milieu dense.

Plus largement, la question du stationnement a un impact sur le choix du trajet réalisé. L'anticipation d'éventuels problèmes de stationnement peut influencer le choix de la destination (un centre commercial avec parking privatif plutôt que des petits commerces en centre-ville, par exemple), ou des modes de transport (modes alternatifs plutôt que motorisés), d'après Boussier, 2007. La question du stationnement pourrait même avoir une influence sur les formes urbaines et les choix de localisation des individus : d'après l'enquête anglaise de la RAC Foundation (2004), 29% des répondants envisageraient de déménager et 24% envisageraient de changer de travail, en cas de dégradation de la situation de stationnement.

Les politiques publiques concernant la question du stationnement peuvent prendre plusieurs formes (Axhausen & Polak, 1991) : modification, relocalisation ou recomposition des espaces de stationnement et de leurs règlements, ajustement des tarifs, mise en application plus stricte des règlements existants (renforcement de la verbalisation, par exemple) ou modification de l'affichage et de l'information concernant l'offre en places de parking.

Les « conditions idéales » de stationnement sont difficiles à calibrer en pratique. Il s'agit de trouver un équilibre entre plusieurs dimensions : gérer une pratique générant un revenu non négligeable pour les collectivités locales ; éviter de détériorer l'accessibilité d'un espace et de repousser d'éventuels visiteurs, pouvant contribuer à dégrader la vitalité économique d'une zone ; essayer d'optimiser (ou de limiter, dans le cas de Paris) la circulation routière (Marsden, 2006).

L'usage de ces diverses politiques nécessite une compréhension fine des choix de stationnement des conducteurs pour mesurer l'impact potentiel des changements sur leur comportement. Il existe plusieurs types de modèles dans la littérature prenant en compte ces choix de stationnement (Thompson & Richardson, 1998) : des modèles d'utilité, mesurant et comparant les valeurs des différents composants du choix de stationnement pour arriver à un équilibre (Van der Groot, 1982; Axhausen & Polak, 1991; Hunt & Teply, 1993; Hensher & King, 2001) ; des modèles d'optimisation, tentant de faire correspondre la demande et l'offre de stationnement (Goyal & Gomes, 1984; Tsukaguchi & Jung, 1989) ; des modèles d'affectation,

visant à simuler l'occupation des places disponibles en générant la demande (Gur & Beimborn, 1984; Nour Eldim, et al., 1981).

A ceux-là, on peut ajouter les modèles de simulation, qui visent à modéliser les choix de stationnement dans des référentiels dynamiques (Thompson & Richardson, 1998; Boussier, 2007), prenant en compte les capacités d'adaptation et le niveau de connaissances des conducteurs, ainsi que l'évolution de la disponibilité du stationnement et les niveaux de trafic au cours de la journée.

Ces modèles de simulation prennent en compte des choix à différentes étapes du processus de décision du conducteur. Dans le modèle de Boussier (2007) ci-dessous (Figure 5.1.1, à gauche), le choix se fait d'abord au niveau du mode de transport et de la destination, l'un influençant l'autre et vice-versa. Les modèles de Boussier (2007) et de Thompson & Richardson (1998) sont ensuite très semblables. Le conducteur examine et évalue l'offre en stationnement, et décide s'il accepte l'offre ou pas. S'il n'accepte pas, il continue son itinéraire jusqu'à la prochaine offre. S'il accepte, il peut stationner, attendre qu'une place se libère, ou encore choisir de stationner illégalement (Thompson & Richardson, 1998).

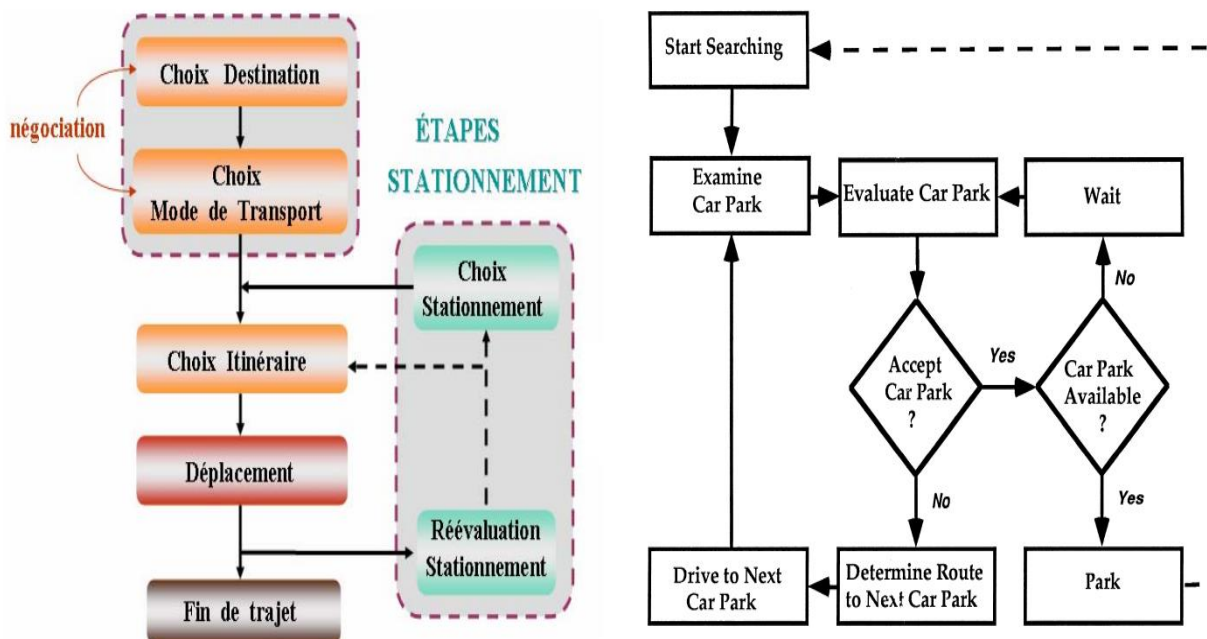


Figure 5.1.1 – Simulation de choix de stationnement prenant en compte le trajet entier (à gauche, Boussier, 2007) ou le stationnement (à droite, Thompson & Richardson, 1998)

Les différents modèles impliquant des choix de stationnement des conducteurs prennent à un moment en compte la probabilité que le chauffeur accepte la place de parking en fonction des caractéristiques de la place en question et de son déplacement. Cette probabilité est souvent

estimée à partir de modèles logit ou logit imbriqués (Hunt & Teply, 1993), prenant en compte différentes formes de choix possibles (différentes formes de stationnement) : voir Figure 5.1.2.

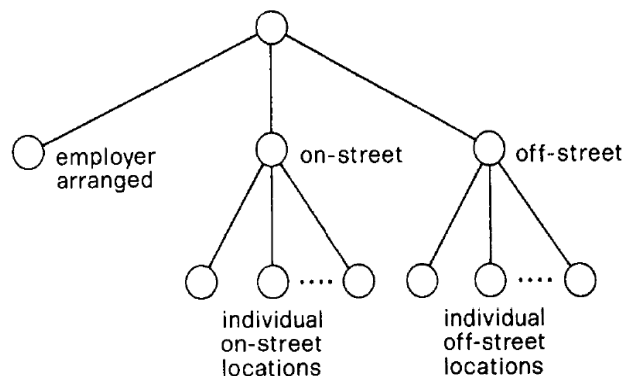


Fig. 2. Nested structure proposed for model of parking location choice behavior; it acknowledges the greater similarities among on-street and off-street parking locations on their own and the distinct nature of employer-arranged parking.

Figure 5.1.2 – Prise en compte des différentes options des conducteurs à travers des modèles logit imbriqués (Hunt & Teply, 1993)

Les caractéristiques de la place de stationnement considérée sont généralement liées à plusieurs facteurs. Tout d’abord, la distance (et donc le temps) du trajet jusqu’à la destination finale est généralement mise en balance avec la valeur du temps du conducteur.

Plus la valeur de son temps est élevée, plus le conducteur a intérêt à stationner à proximité de son lieu de destination. Cela signifie que les chances de recourir au stationnement illégal augmentent si une place assez proche n’est pas disponible (Austin, 1973; Gillen, 1978; Van der Groot, 1982; Axhausen & Polak, 1991; Hunt & Teply, 1993).

Dans la majorité des agglomérations, surtout en milieu urbain dense, le stationnement est payant. Ce coût du stationnement induit un autre arbitrage à considérer : celui entre le prix du stationnement (auquel il faut ajouter le coût du temps de trajet à pieds) et le coût estimé du stationnement illégal, lié au « risque » évalué par le conducteur de se faire verbaliser et de devoir payer une amende (Petiot, 2000).

Ce risque peut dépendre de plusieurs variables :

- Le montant de l’amende : plus l’amende est élevée, plus le risque monétaire est important pour le conducteur.
- Les conditions de mise en vigueur des règlements : plus le contrôle des règles de stationnement est faible (par laxisme ou manque de moyens), plus la probabilité de se faire verbaliser est faible.

- La durée du stationnement : plus le stationnement est long, plus la probabilité d'être verbalisé est forte.
- La gêne imposée par le véhicule : on peut supposer que les agents de contrôle peuvent faire preuve de tolérance pour les conducteurs, et que moins le véhicule est gênant pour la circulation, plus la probabilité d'être verbalisé est faible.

D'autres analyses mettent en avant un déterminant, lié aux deux premiers, concernant les caractéristiques du déplacement dans son intégralité, et du conducteur. D'abord, le profil du conducteur et le but du déplacement vont jouer sur la valeur du temps du conducteur (Lambe, 1996; Nurul Habib, et al., 2012; Van der Groot, 1982), et donc sur l'arbitrage avec la distance jusqu'à la destination finale. Ensuite, le but du déplacement a une influence importante sur la durée de l'opération de stationnement (Lambe, 1996) et donc sur la probabilité de se faire verbaliser en cas de stationnement illégal, induisant un arbitrage différent entre coûts estimés des stationnements légaux et illégaux.

5.1.2 Choix de stationnement et dimensions spécifiques pour les véhicules de transport de marchandises en ville

Les opérations de TMV sont affectées par les comportements de stationnement des passagers, puisqu'ils partagent en grande partie les mêmes infrastructures. En conséquence, les politiques de stationnement mises en place affectent les véhicules de marchandises, même lorsque ces derniers ne sont pas directement visés par les mesures en question. Par ailleurs, de plus en plus de municipalités mettent en place des zones spécialement destinées pour le chargement et le déchargement de marchandises. Nous évaluerons notamment la politique d'aire de livraisons à Paris dans le chapitre 6 de cette thèse.

Les options de politiques publiques, pour les autorités locales, sont très similaires à celles concernant le stationnement des passagers (Nourinejad, et al., 2014) : la limitation des livraisons à certaines plages horaires de la journée, la tarification du stationnement, l'optimisation de l'espace par l'information et des systèmes de réservation, et la mise en application des règlements municipaux.

On peut classer les modèles existants traitant du choix de stationnement des chauffeurs-livreurs dans deux catégories. La première concerne les modèles « agrégés » de choix de stationnement, comme celui du logiciel Freturb. Ce dernier repose sur des tendances statistiques pour expliquer le stationnement des chauffeurs-livreurs. Il modélise la proportion de parking en double-file en fonction des types d'activités d'une zone, et de la durée des opérations en fonction du type de véhicule (représentant aussi le volume de marchandises et la manutention nécessaire), le type

de trajet, le nombre de mouvements du parcours (voir Figure 5.1.3), la densité de la zone et le type d'activité desservi (Routhier & Toilier, 2007).

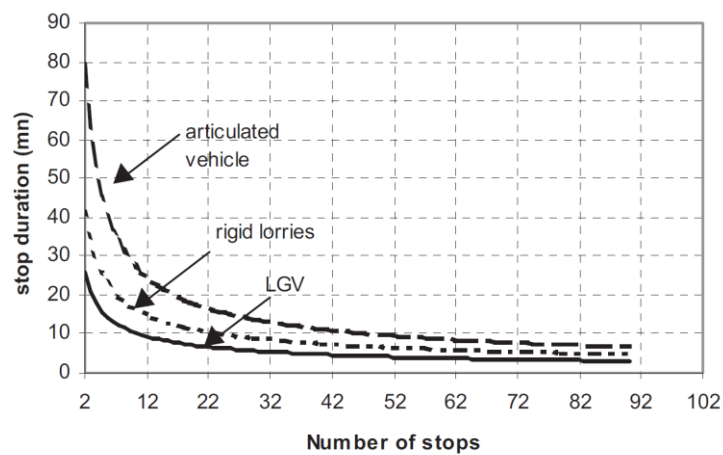


Figure 5.1.3 – Relation entre le nombre de mouvements d'une tournée et la durée des mouvements (Routhier & Toilier, 2007)

De manière similaire, De Silva & Alho (2016) montrent que les problématiques de stationnement pour le TMV peuvent être reliées aux caractéristiques de l'établissement (influençant la marchandise livrée), aux organisations logistiques (influençant le type de véhicule), à l'environnement urbain (infrastructure routière et parking) et à la fréquence des livraisons. Dans le chapitre 6, nous proposons notre propre modèle agrégé pour estimer le mode et la durée du stationnement des chauffeurs-livreurs dans Paris et évaluer les politiques d'aires de livraisons.

La deuxième catégorie de modèle concerne les simulations des choix de stationnement, qui sont souvent des adaptations de modèles similaires qui existent pour les passagers. Le manque important, dans le cas du fret, concerne des données fiables permettant de calibrer les choix des chauffeurs-livreurs. Par exemple, la simulation de Muñuzuri et al (2002) fonctionne à partir d'une série de postulats plutôt que de données empiriques :

- Le stationnement légal est préféré au stationnement illégal.
- Les aires de livraisons sont préférées au stationnement « normal ».
- Le choix entre un stationnement illégal sur voirie ou hors voirie dépend du nombre de voies de la rue.
- Pour les déplacements très longs, l'espace le plus proche sera systématiquement choisi.

Il existe aussi des modèles basés sur des données empiriques. C'est notamment le cas pour l'étude de Nourinejad et al. (2014) à Toronto (Figure 5.1.4). La simulation du stationnement est basée sur un modèle de choix, dépendant de trois variables analysées comme pertinentes et dont les coefficients sont statistiquement significatifs : la distance à la destination du livreur, la

disponibilité d'infrastructures de stationnement dans la rue et la disponibilité d'aires de livraisons. On le voit, les déterminants des choix de stationnement pour les marchandises reposent théoriquement sur les mêmes ressorts que ceux des passagers : arbitrage entre la valeur du temps, la disponibilité de l'infrastructure, le prix du stationnement et les caractéristiques générales du déplacement.

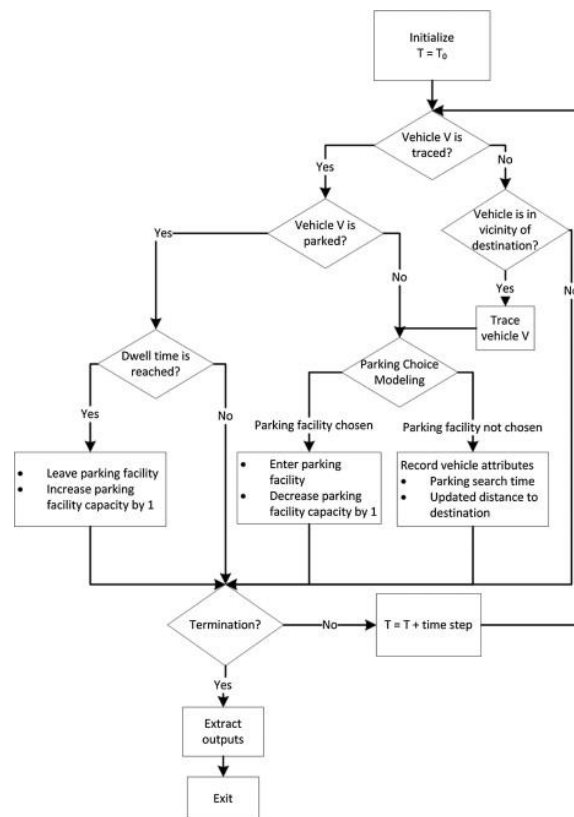


Figure 5.1.4 – Structure de simulation de stationnement pour les marchandises
(Nourinejad, et al., 2014)

Si les ressorts du choix de stationnement peuvent être similaires, nous avons de nombreuses raisons de penser que la valeur que les chauffeurs-livreurs assignent aux différents composants de ces choix est très différente. Pour comprendre cela, il nous paraît nécessaire d'en revenir aux caractéristiques opérationnelles du transport de marchandises, et de les contraster avec celles des conducteurs de véhicules passagers. En moyenne, les franciliens réalisent environ 4 déplacements par jour (OMNIL, 2012). Pour un trajet aller-retour domicile – achats en voiture, par exemple, il faut compter deux trajets et deux opérations de stationnement (en admettant que des places de parking dédiées ne soient disponibles ni à l'aller ni au retour).

Les déplacements de TMV se font au cours de parcours pouvant compter jusqu'à 80 arrêts du véhicule (ou plus) et donc autant d'opérations de stationnement. Un chauffeur-livreur réalisant une tournée avec 30 arrêts, à titre d'exemple, et passant en moyenne 3 minutes à chercher une

place, passerait 1h30 à la recherche de places de stationnement, ce qui représente plus du tiers de la durée totale d'une tournée « colis » moyenne (voir section 4.3.2).

D'après une enquête de préférences déclarées réalisée par Aiura & Taniguchi (2005), les chauffeurs-livreurs ne souhaitent pas se garer en double-file mais n'hésitent pas à le faire s'ils estiment que c'est nécessaire pour leur opération ou qu'ils ne peuvent pas faire autrement (pas de place disponible à proximité, retard dans leur planning d'activité...). L'arbitrage entre la disponibilité d'infrastructure et la valeur du temps du chauffeur-livreur ne peut donc pas être le même que pour les passagers. Ceci semble être confirmé par la littérature. D'après Van der Groot (1982), le temps de marche à pieds jusqu'à la destination finale a un impact plus important sur la probabilité de stationner illégalement pour les opérations de chargement et déchargement que pour les autres types de stationnement.

Le temps de recherche de la place (« *cruising time* ») n'est sans doute pas le même non plus. A notre connaissance, il n'existe pas d'étude empirique approfondie du temps de recherche d'une place de stationnement pour les véhicules de marchandises. D'après Amer et Chow (2016), les véhicules de livraisons n'ont tout simplement pas de temps de recherche, en règle générale. Si une place de stationnement n'est pas immédiatement disponible à proximité de la destination, le stationnement illégal sera considéré comme l'option la plus pertinente pour le chauffeur-livreur.

Une autre différence importante concerne le but du trajet. Une fois la destination atteinte, le chauffeur-livreur doit charger ou décharger des marchandises, puis faire le trajet entre son véhicule et l'établissement, parfois à plusieurs reprises. Chaque aller ou retour est réalisé avec un nombre de biens, avec un poids donné, certains nécessitant des traitements spécifiques (marchandises fragiles, à température contrôlée, dangereuses à manipuler...).

L'arbitrage entre la distance à la destination et le choix de stationnement peut être affecté de trois manières pour le transport de marchandises :

- D'abord, plus la quantité de marchandises à transporter est importante, plus les opérations de manutention sont complexes, et plus l'opération risque de durer longtemps (influençant la probabilité de verbalisation).
- Ensuite, il faut ajouter une dimension liée à la « pénibilité » de l'opération pour le chauffeur-livreur : certaines marchandises, même si elles peuvent être portées à la main, sont lourdes et affectent peut-être la décision, en plus du simple temps de trajet. - Enfin, l'utilisation de moyens de manutention, notamment roulants (transpalettes, hayons), peut nécessiter un positionnement spécifique dans l'espace urbain en raison des obstacles éventuels sur la route du chauffeur-livreur (équipements collectifs, hauteur du trottoir, voitures stationnées).

Enfin, une dernière différence de taille entre passagers et marchandises concerne l'arbitrage entre le prix du stationnement et le risque pour le chauffeur-livreur de payer une amende en cas de contravention. L'évaluation n'est probablement pas la même pour lui que pour un passager. Si l'on poursuit l'exemple d'un individu qui réalise un déplacement domicile – achats, l'individu sanctionné par une amende la paye lui-même.

Dans le cas du transport de marchandises, les entreprises de transport considèrent que l'amende reçue fait partie des coûts de leur activité. Le coût estimé est intégré à la prestation de transport globale payée par le chargeur, qui la répercute ensuite sur les prix des produits et donc sur le consommateur final (Nourinejad & Roorda, 2016).

Ce qui ne veut pas dire que, *ceteris paribus*, les chauffeurs-livreurs ne cherchent pas à éviter les amendes. Simplement que ce risque doit être balancé avec d'autres impératifs, et que la prise en compte du risque est peut-être moins importante dans l'arbitrage du chauffeur-livreur que celui d'un conducteur de véhicule passager. Par ailleurs, certains opérateurs de transport ne payent pas complètement leurs amendes. Dans certaines villes, comme à New York, les grands opérateurs de transport négocient à la baisse avec la municipalité le coût total de leurs amendes, dans le cadre de *Negotiated Fines Programs* (Conway, 2016). Nous avons des raisons de penser que le stationnement des véhicules de marchandises est assez peu contrôlé à Paris.

D'après l'enquête TMV, nous pouvons estimer le nombre de mouvements (livraisons et enlèvements) à environ un million par semaine, soit environ 52 millions par an. Malgré le fait que la majorité de ces mouvements soient réalisés en stationnement illégal (voir sections suivantes), la ville de Paris recensait moins de 6 millions de procès-verbaux dressés en 2014 pour stationnement illégal, passagers et marchandises confondus (Ville de Paris, 2014). Un rapport de la chambre régionale des comptes de l'Ile-de-France (Cour des Comptes, 2016) a d'ailleurs pointé du doigt le fait que « *l'activité de contrôle [du stationnement gênant] présente un déficit* » à Paris.

Il existe donc des différences opérationnelles importantes entre le transport de personne et le transport de marchandises. Ces différences permettent de faire l'hypothèse que l'arbitrage entre les différents composants du choix de stationnement diffère beaucoup pour les chauffeurs-livreurs.

Dans la section suivante de ce chapitre, nous proposons de vérifier les liens entre les choix des chauffeurs-livreurs et plusieurs dimensions du stationnement : la première est liée aux formes urbaines des rues et des bâtiments à destination des déplacements, avec notamment l'analyse des infrastructures de stationnement ; la seconde est liée à la concurrence des autres usagers de

l'espace public et des infrastructures ; la dernière est liée aux impératifs des organisations logistiques.

5.2 Observation empirique de l'impact des différentes dimensions du mode de stationnement

5.2.1 Données et démarche mobilisées pour appréhender ces différentes dimensions

Dans l'optique de vérifier empiriquement les raisonnements développés dans la première section de ce chapitre, nous aurions besoin de nombreuses informations sur l'opération de stationnement. Nous ne possédons pas de bases de données contenant toutes ces informations. L'analyse que nous proposons est constituée de statistiques descriptives provenant de trois sources.

La première est la base de données « Etablissements » de l'enquête TMV-IDF. Celle-ci contient des données détaillées sur les établissements et notamment l'offre de stationnement privé et public à laquelle ont accès les chauffeurs-livreurs qui réalisent la livraison. Elle contient aussi des informations sur le mouvement : type de véhicule, type de stationnement, durée du stationnement, distance entre le stationnement et l'établissement, lieu de dépôt de la marchandise au sein de l'établissement. Elle contient des informations sur l'opérateur de transport (son mode de gestion). Des informations sont aussi données sur l'environnement urbain de l'établissement (type de voirie, formes urbaines).

C'est la principale source de données que nous utiliserons dans le cadre de cette section. La base de données « Etablissement » a été livrée par le LAET sous sa forme finale mi-2014. Elle contient des informations sur les opérations de 1 188 établissements situés en Ile-de-France, soit 5 098 opérations au total. Les modalités de stationnement de 2 750 opérations sont renseignées dans la base de données, ce qui permet une analyse statistique des choix de stationnement en fonction de plusieurs critères.

La seconde source d'information que nous utilisons est la base de données « Chauffeurs-Livreurs » de l'enquête TMV-IDF. Son avantage principal est qu'elle contient des données détaillées concernant le trajet complet du véhicule, l'intégralité de la tournée et de ses caractéristiques : type de véhicule, nombre de points touchés, distance parcourue,

caractéristiques détaillées des marchandises livrées et enlevées, ainsi que des moyens de manutention mis en œuvre.

La base de données Chauffeurs-Livreurs nous a été transmise sous une forme brute en 2014. Comme nous l'avons présenté dans le chapitre 2, le déroulement de cette enquête a été difficile et la base de données actuelle est une agrégation des différents modes d'administration de l'enquête (Auto-Administrés, Hors-Etablissement, Fin de Tournée, et Embarqués). L'enquête Chauffeurs-Livreurs Embarqués a fait l'objet d'un soin particulier puisqu'il s'agit de la plus détaillée, celle qui contient le plus de modalités utiles à ce travail sur le stationnement.

L'agrégation des différents questionnaires a été réalisée dans le cadre de ce travail de thèse, sous la supervision des chercheurs du LAET. De plus, les données ont été nettoyées et des contrôles de cohérence des différentes variables ont été réalisés pour s'assurer de la bonne qualité des données de base. Des variables ont aussi été ajoutées. En ce qui concerne l'enquête Embarquée, on peut citer plusieurs vérifications et ajouts de variables :

- Correction et standardisation de la variable adresse (sur un format n° / type de voirie / nom de voirie / code INSEE / Nom de commune) à l'aide de la variable adresse existante et du nom de l'établissement, parfois aussi à l'aide des fichiers GPS.
- Contrôle du nombre d'opérations par parcours à l'aide des fichiers GPS lorsque cela a été possible. Certains parcours ont été « décomposés » en plusieurs parcours lorsque des retours au point de départ ont été observés (on passe de 330 à 345 parcours).
- Contrôle de la distance et de la durée des trajets. En cas d'incohérence, la distance et / ou la durée ont été corrigées à l'aide des tracés GPS lorsque cela était possible.
- Contrôle de cohérence du poids des marchandises, du conditionnement, de la manutention et du nombre. Les valeurs aberrantes ont été supprimées.
- Ajout du type d'activité de l'établissement et codification en ST8, à l'aide du nom et de l'adresse de l'établissement, en comparaison avec le type de local renseigné à la base ; ajout du code NAF et de l'effectif si possible, en retrouvant le code Siret de l'établissement dans le fichier Altares.

Au total, l'enquête Embarqués recense 345 parcours et 2 763 mouvements. 2 626 mouvements sont caractérisés par le type de stationnement. Le reste des variables est globalement bien renseigné, malgré certaines non-réponses dues probablement à des erreurs ou des oublis de saisies (dans les données brutes, impossible à corriger en l'état), ou à des contrôles de cohérence nécessitant la suppression de la modalité, visiblement fausse.

La dernière source d'information est une enquête réalisée dans le cadre de cette thèse. La réalisation de cette enquête est partie d'un constat simple : la difficulté à renseigner la gêne

réelle imposée par le stationnement des Chauffeurs-Livreurs aux autres usagers de la voirie, étant donnée la relative pauvreté des modalités de la variable « mode de stationnement ».

Dans la plupart des enquêtes, le stationnement est simplement distingué par le fait qu'il est ou non réalisé sur la voirie. Dans l'enquête TMV, le stationnement hors voirie est plutôt bien renseigné, mais le stationnement sur voirie l'est beaucoup moins (distinguant principalement le double-file et le stationnement dans les couloirs de bus). Dans le cadre de cette thèse, nous avons choisi une approche plus fine, en distinguant les modalités de stationnement sur voirie. Cette enquête nous permet d'estimer les impacts du stationnement gênant des chauffeurs-livreurs sur la formation de la congestion dans les rues parisiennes, que nous présenterons dans le chapitre 7. Elle nous permet aussi de présenter plus finement le stationnement sur voirie des chauffeurs-livreurs.

Cette enquête a été réalisée entre mars et juin 2014.⁵² Il s'agit d'un travail de terrain réalisé dans une douzaine de rues parisiennes. Afin d'étudier l'impact du stationnement sur la circulation, nous avons choisi d'observer le phénomène sur une plage horaire prenant en compte la période de pointe des passagers (7-9h), légèrement en décalage par rapport à la période de pointe des livraisons de marchandises (9-11h). Les observations ont donc lieu entre 8 et 11h du matin. Chaque rue est observée plusieurs fois aux cours de sessions de trente minutes. Le grand avantage de cette base de données est qu'elle observe aussi le stationnement des véhicules de passagers. La base de données (et son couplage avec des données de trafic) sera présentée plus en détail dans le chapitre 7. Au total, l'observation de terrain a porté sur 32 jours, avec 126 observations de trente minutes. 1 248 opérations de stationnement sont renseignées, sans modalités manquantes.

Nous avons donc accès à plusieurs bases de données dans le cadre de ce travail de thèse pour étudier le stationnement. Le Tableau 5.2.1 ci-dessous montre les avantages et les inconvénients de ces différentes sources d'information. Nous proposons maintenant une analyse statistique détaillée des différentes dimensions des choix de stationnement des Chauffeurs-Livreurs, à l'aide de ces différentes données.

La limite la plus importante, de loin, est de ne pas avoir accès à des observations de la disponibilité des infrastructures de parking lors du stationnement du véhicule. De plus, nous n'avons aucune idée de l'emploi du temps exact des chauffeurs-livreurs et de leurs potentiels impératifs horaires, ce qui pourrait aider à expliquer la durée des opérations : un livreur pourrait être dans l'obligation d'accélérer sa livraison s'il estime qu'il est en retard sur son planning.

⁵² Les observations de terrain ont été faites par l'auteur, à l'aide de Huong N'Guyen, stagiaire au laboratoire SPLOTT de l'IFSTTAR de février à juin 2014.

Variables nécessaires à la compréhension des opérations de stationnement	Dimension des variables	BDD Etablissements	BDD Chauffeurs-Livreurs	BDD Enquête Terrain
Type de stationnement	Choix de stationnement	+	+	+
Stationnement sur voirie détaillé	Choix de stationnement			+
Distance à la destination finale	Choix de stationnement			+
Offre en stationnement privé	Formes Urbaines	+		
Offre en stationnement	Formes Urbaines	+	+	+
Offre en aires de livraisons	Formes Urbaines	+	+	+
Environnement bâti	Formes Urbaines	+	+	+
Caractéristiques de la voirie	Formes Urbaines	+	+	+
Disponibilité du stationnement	Concurrence des usagers			
Trafic sur la voirie	Concurrence des usagers		+	+
Etablissement de destination	Formes Urbaines & Organisations Logistiques	+	+	
Lieu de dépôt exact	Formes Urbaines & Organisations Logistiques	+	+	
Type de véhicule	Organisations Logistiques	+	+	+
Trajet avant le mouvement	Organisations Logistiques		+	
Heure et jour	Organisations Logistiques	+	+	+
Types de marchandises	Organisations Logistiques	+	+	
Moyens de manutention	Organisations Logistiques	+	+	
Durée du mouvement	Organisations Logistiques	+	+	*
Heure limite de fin de tournée	Organisations Logistiques			

* L'heure de départ ou de fin du mouvement n'a pas pu être observée si le véhicule était déjà là au début, ou toujours là à la fin, des trente minutes d'observation

Tableau 5.2.1 – Comparaison des trois bases de données pour l'étude du stationnement

L'analyse du mode de stationnement pour les véhicules de marchandises n'est pas la même selon la question posée. On peut en effet distinguer plusieurs problématiques, dans une perspective de gestion d'infrastructure et de mise en place de politique publique. Les modalités de type de stationnement de l'enquête TMV sont discrétisées en conséquence (voir Tableau 5.2.2 ci-dessous).

Modalités de l'ETMV	Distinctions		
	Privé / Public	Public non gênant / gênant	Gênant Voirie / Hors Voirie
Enceinte de l'Etablissement	Privé	-	-
Stationnement Gratuit	Public	Non-Gênant	-
Stationnement Payant	Public	Non-Gênant	-
Emplacement Réservé aux Livraisons	Public	Non-Gênant	-
Sur le Trottoir	Public	Gênant	Hors Voirie
Stationnement Interdit par Panneau ou Marquage	Public	Gênant	Hors Voirie
Sur Couloir et Arrêt de Bus ou Piste Cyclable	Public	Gênant	Voirie (mixte)
Double-File	Public	Gênant	Voirie

Tableau 5.2.2 – Discrétisation de la variable du choix de stationnement dans l'ETMV

(Source : auteur)

Elles permettent ainsi de faire plusieurs distinctions itératives pour des mouvements aux caractéristiques diverses (voir Figure 5.2.1) :

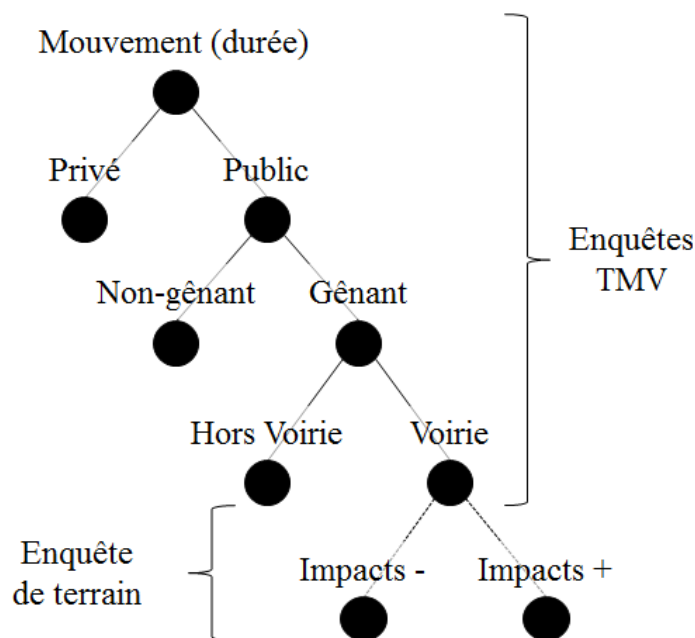


Figure 5.2.1 – Démarche et données pour la distinction des modes de stationnement
(Source : auteur)

- 1°) Entre stationnement privé et stationnement public.
- 2°) Au sein du stationnement public, le stationnement non gênant du stationnement gênant (le stationnement privé étant, par définition, non gênant).⁵³
- 3°) Au sein du stationnement gênant, le stationnement sur voirie (potentiellement gênant pour le trafic routier) du stationnement hors voirie.
- 4°) Au sein du stationnement sur voirie, identifier les formes de stationnement sur voirie ayant le plus d'impacts potentiels sur le trafic.

5.2.2 Observations empiriques : comprendre la durée du stationnement

La durée du stationnement du chauffeur-livreur est essentiellement fonction de l'organisation logistique de l'opération. Une livraison, par exemple, est décomposable schématiquement en plusieurs tâches : déchargement du véhicule, trajet vers l'établissement de

⁵³ Certes, les chauffeurs-livreurs stationnant sur le trottoir ou sur stationnement interdit par panneau ou marquage ne sont pas gênants pour le trafic routier. Cela dit, on peut les considérer comme gênant pour d'autres utilisateurs (piétons, sortie d'immeubles ou de place de stationnement).

destination pour livrer la marchandise, dépôt de la marchandise (généralement là où le souhaite le client), éventuelle opération supplémentaire (signature d'un bon de livraison par exemple), trajet de retour jusqu'à son véhicule.

Le temps de déchargement du véhicule va principalement dépendre de la quantité de marchandise à livrer (en poids total et en nombre d'unité), et du conditionnement de la marchandise. En fonction de cette quantité de marchandises et de son conditionnement, le chauffeur-livreur va faire un choix concernant les moyens de manutention à mobiliser (ou pas) pour accomplir son opération le plus rapidement et le moins péniblement possible.

Variables	Modalités	Discrétisation	Variables	Modalités	Discrétisation
Variable de conditionnement (qualitative)	Enveloppes	Enveloppes	Variables de manutention (qualitative)	Aucune	Aucune
	Caisses mobiles, conteneurs	Colis ou assimilés		Diabale, chariot	Manutention Légère
	Caisses, bacs	Colis ou assimilés		Hayon	Manutention Légère
	Cartons	Colis ou assimilés		Roll	Manutention Légère
	Polystyrène	Colis ou assimilés		Chariot élévateur	Manutention Lourde
	Palettes	Palettes		Transpalette	Manutention Lourde
	Big bag	Vrac ou assimilés	Variable de poids total (quantitative)	Poids en kg	< 3 kg
	Bonbonnes	Vrac ou assimilés			< 30 kg
	Rouleaux	Vrac ou assimilés			< 300 kg
	Vrac	Vrac ou assimilés			< 3,5 T
		> 3,5 T			

Tableau 5.2.3 – Discrétisation des variables de l'ETMV-IDF pour l'analyse du stationnement (source : auteur)

Afin d'exploiter la base de données « Chauffeur-Livreur » pour explorer cette question, nous avons choisi de discrétiser les différentes modalités des variables de « conditionnement de la marchandise », « manutention de la marchandise, et « poids total », afin de simplifier la manipulation de ces données. Le Tableau 5.2.3 ci-dessus décrit la manière dont ont été discrétisées les données à partir des variables de l'enquête.

La simple analyse du poids total livré ou enlevé montre une relation avec la durée du mouvement (voir Figure 5.2.2 ci-dessous). Comme l'on peut s'y attendre, plus la quantité de marchandises à livrer est importante, plus l'opération dure longtemps. Evidemment, il existe une dispersion assez importante à l'intérieur de certaines classes de poids (notamment celle entre 300 kg et 3,5 tonnes, et celles supérieur à 3,5 tonnes), ce qui montre bien que le poids n'est pas le seul facteur. Le diagramme box-plot ci-dessous ne montre pas la valeur maximale, mais le 95^{ème} centile de la distribution, certaines valeurs extrêmes rendant le diagramme

autrement illisible. Les moyennes représentées par un point prennent en compte ces valeurs élevées.⁵⁴

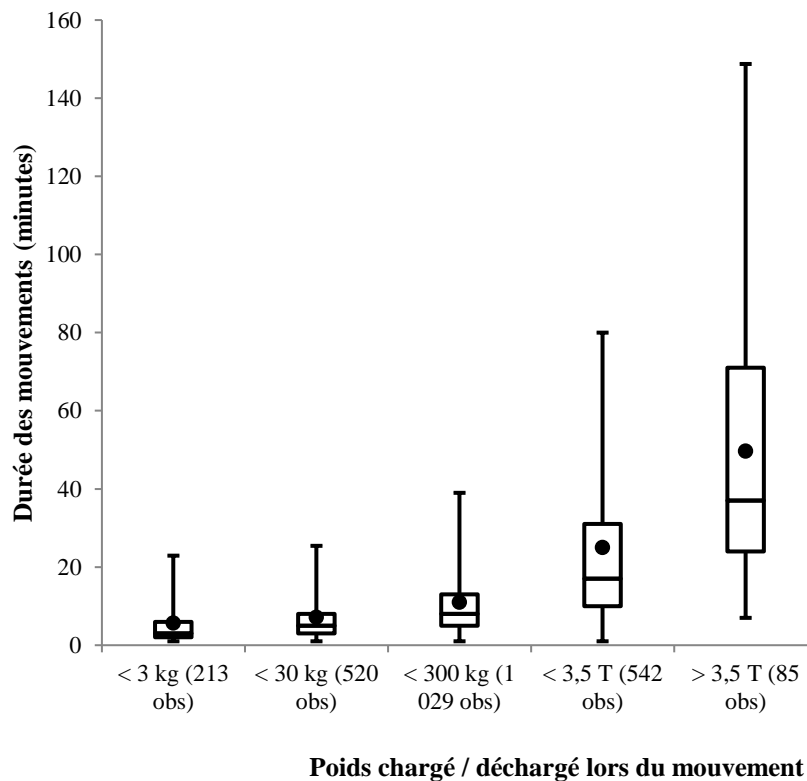


Figure 5.2.2 – Relation entre la durée du mouvement et le poids chargé / déchargé lors d'un mouvement (source : ETMV-IDF « Chauffeur-Livreur », calculs de l'auteur)

Le choix de manutention, en particulier, se fait en fonction de contraintes techniques et physiques (voir la Figure 5.2.3 ci-dessous). Par exemple, le mouvement de palettes nécessite l'usage d'outils dédiés comme des transpalettes ou chariots élévateurs (« manutention lourde »). Le transport d'un nombre important de petits colis ou de marchandises en vrac nécessitera l'usage d'un diable ou d'un hayon.

Au contraire, le chauffeur-livreur peut estimer qu'il n'aura besoin d'aucun outil de manutention pour réaliser son opération, si le conditionnement et le poids de la marchandise le permettent. On remarque également que certains mouvements aux poids relativement lourds sont réalisés sans outils de manutention, ce qui peut s'expliquer par le fait que plusieurs allers-retours sont réalisés par le chauffeur-livreur pour effectuer sa livraison ou son enlèvement.

⁵⁴ Tous les graphiques Box-Plot de ce Chapitre suivent cette méthode, sauf contre-indication.

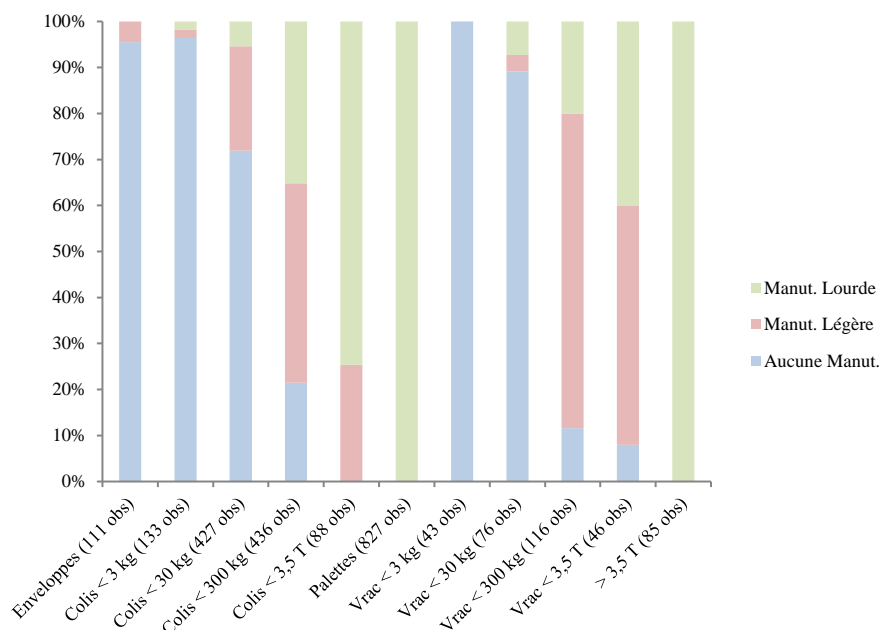


Figure 5.2.3 – Usage des outils de manutention en fonction du poids et du conditionnement de la marchandise (source : ETMV-IDF « Chauffeur-Livreur », calculs de l’auteur)

Evidemment, compte tenu des liens statistiques entre poids chargé / déchargé et moyen de manutention utilisé par le chauffeur-livreur d’un côté, et entre poids chargé / déchargé et durée de l’opération, on retrouve un lien entre la durée du mouvement et le mode de manutention employé : plus le chauffeur-livreur emploie un outil de manutention complexe (transpalette ou chariot élévateur), plus la durée du mouvement sera importante (voir Figure 5.2.4).

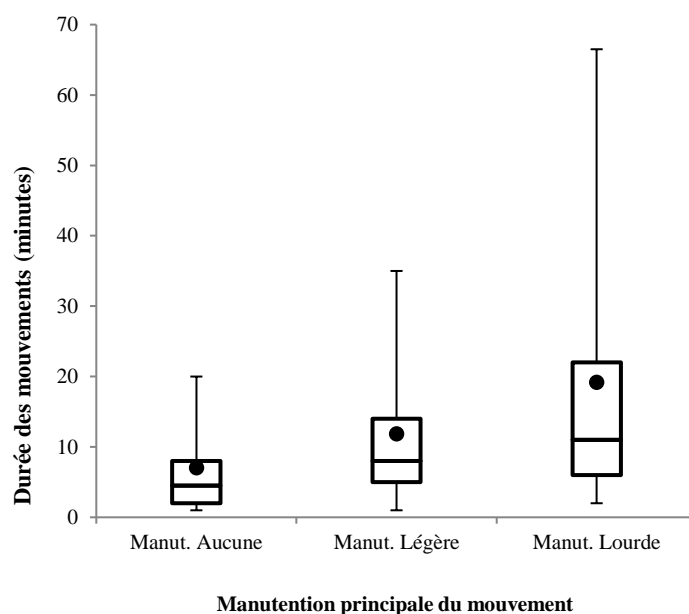


Figure 5.2.4 – Durée du mouvement selon le mode de manutention de la marchandise (source : ETMV-IDF « Chauffeur-Livreur », calculs de l’auteur)

5.2.3 Observations empiriques : stationnement privé des véhicules de marchandises

La Figure 5.2.5 ci-dessous montre l'importance de prendre en compte l'environnement urbain pour comprendre la proportion de stationnement privé (dans l'enceinte de l'établissement à livrer), compte tenu des différences massives qui existent entre les différents territoires d'Ile-de-France. Par le biais de l'enquête TMV-IDF, on peut en effet estimer que seuls 3% des mouvements dans la ville de Paris sont réalisés par le biais d'un stationnement privé, contre presque 70% pour les communes de grande couronne. Cette différence peut s'expliquer de deux manières.

D'abord, le prix du foncier est plus bas en périphérie d'agglomération que dans les milieux denses, ce qui permet probablement aux établissements de grande couronne, toutes choses égales par ailleurs (en termes d'activité et de type de local), de disposer d'espaces pour accueillir le stationnement des véhicules de livraisons. Les variables précises concernant l'environnement urbain, disponibles dans l'enquête TMV « Etablissement », sont malheureusement peu détaillées et impossibles à retravailler en raison de l'anonymisation des établissements.

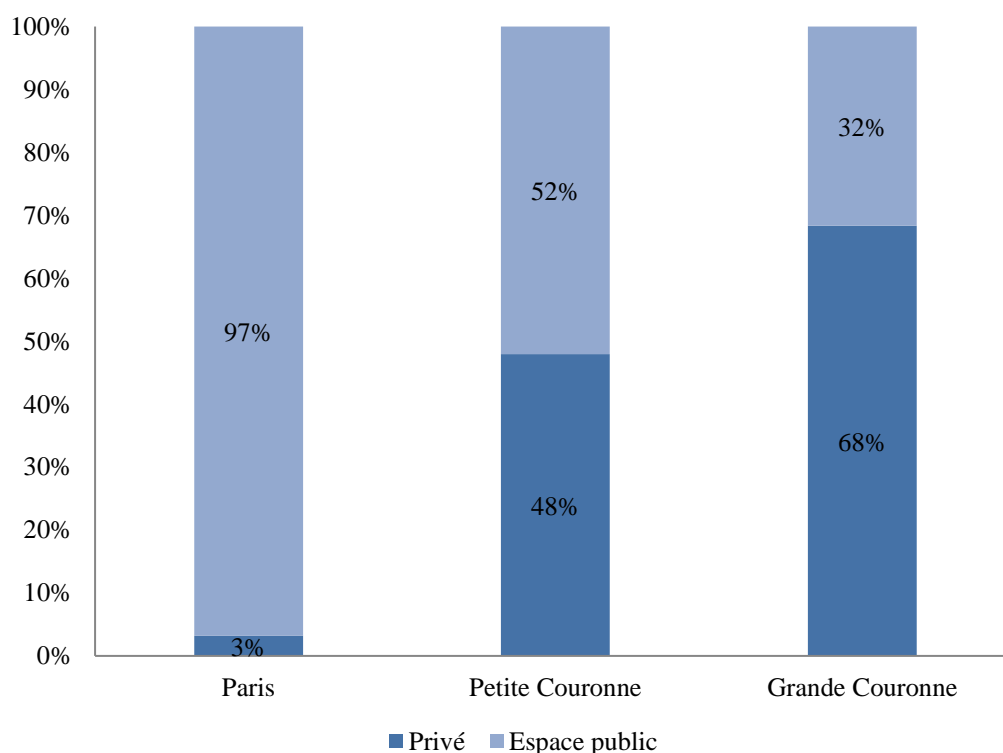


Figure 5.2.5 – Proportion entre stationnement privé et stationnement public selon le type de territoire en Ile-de-France (Source : ETMV-IDF « Etablissements », 2014, calculs de l'auteur)

La Figure 5.2.6 ci-dessous montre la proportion d'établissements disposant d'infrastructures de stationnement privées en fonction de l'environnement urbain dans lequel ils se trouvent. On peut distinguer les zones dites « industrielles » d'une part (comprenant aussi les zones logistiques par exemple), et les zones « mixtes », caractérisées par la combinaison de différentes activités économiques, voire par de l'habitat. Cette distinction, quoique très peu fine, permet tout de même de noter des différences importantes au sein des différentes couronnes de l'Ile-de-France.

Une analyse un peu plus fine des formes urbaines que la simple densité et la distance au centre (que permet la comparaison des couronnes) nous indique des différences très importantes. Les établissements des zones industrielles sont généralement très bien dotés en infrastructures de stationnement, même à Paris (certes, avec un nombre d'observations faible). Cette proportion chute considérablement en zones mixtes, y compris pour la grande couronne (en dessous de 50%), et est presque nulle dans Paris.

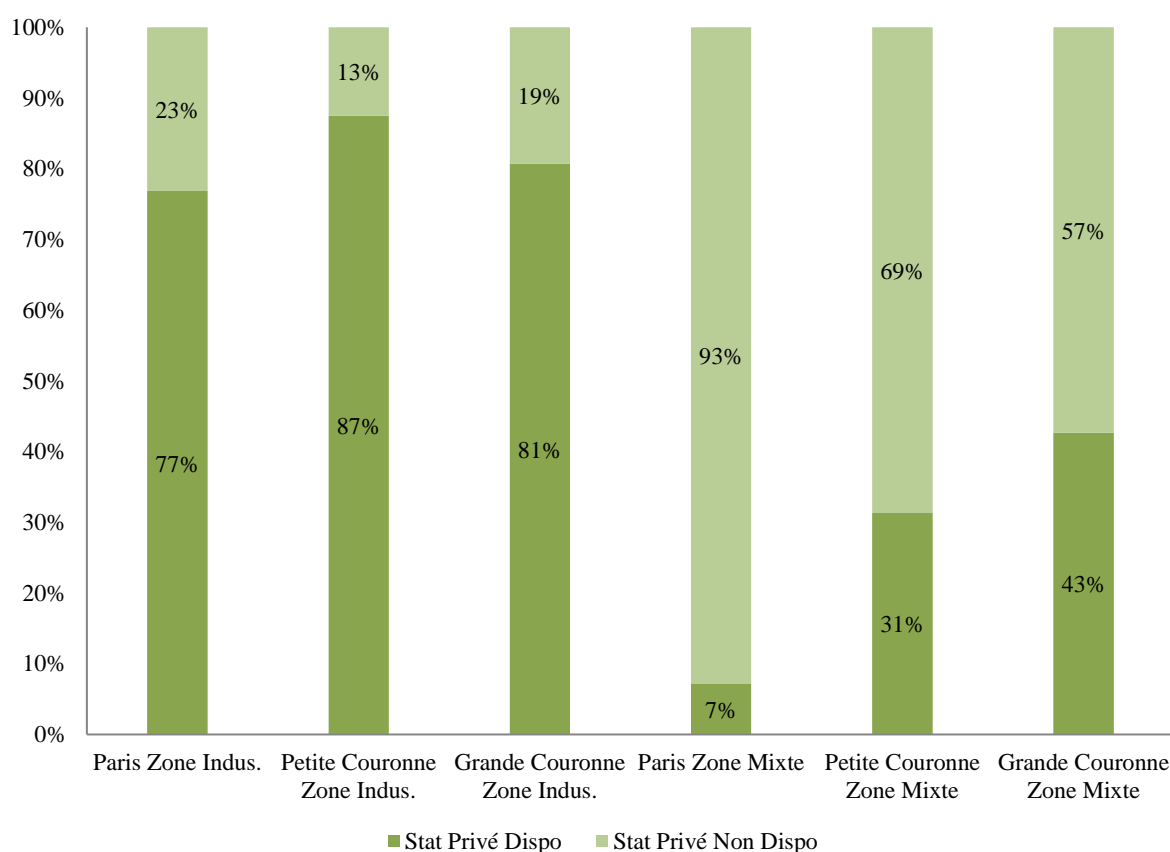


Figure 5.2.6 – Proportion d'établissements disposant d'infrastructures de stationnement privées en fonction de l'environnement urbain (Source : ETMV-IDF « Etablissements », 2014, calculs de l'auteur)

Ensuite, comme on l'a vu dans le chapitre 3, les différentes zones de la région Ile-de-France n'ont pas la même composition économique, les caractéristiques des établissements pouvant expliquer leur équipement en stationnement indépendamment des formes urbaines. Comme on l'a montré le lien entre localisation des activités et formes urbaines est très important. Les activités industrielles, grossistes ou logistiques ont en effet tendance à se localiser en périphérie des agglomérations, notamment dans les zones industrielles citées ci-dessus.

La Figure 5.2.7 ci-dessous montre le lien entre la disponibilité des infrastructures de stationnement et les caractéristiques de l'établissement (type d'activité et taille en ST20 : voir chapitre 3 et annexe 7). L'effet du type d'activité est clair : les activités industrielles, grossistes, logistiques et de grande distribution, notamment, ont souvent des infrastructures à disposition, contrairement aux petits commerces et aux activités tertiaires. La taille de l'établissement joue aussi un rôle important : les plus grands établissements, quel que soit le type d'activité, sont presque systématiquement dotés en plus grande proportion d'infrastructures privées de stationnement.

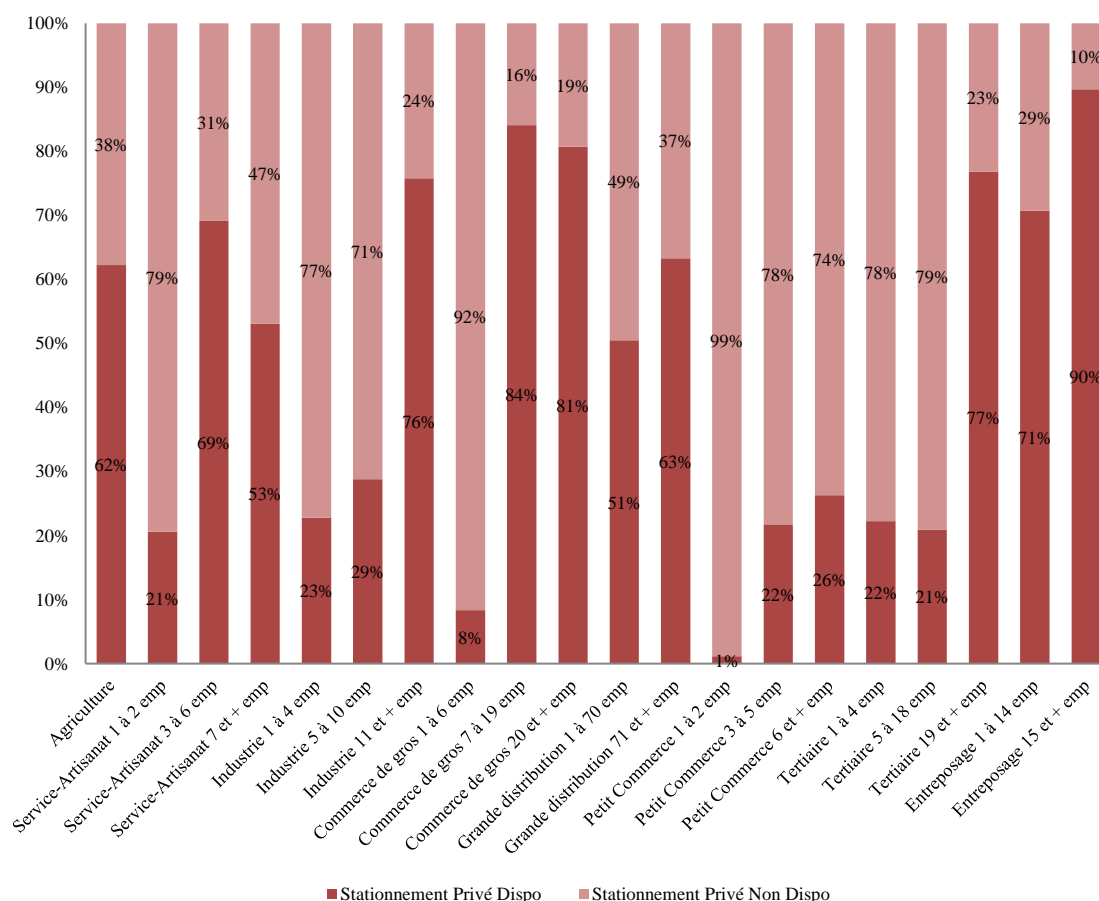


Figure 5.2.7 – Proportion d'établissement disposant d'infrastructures de stationnement privées en fonction du type d'établissement en ST20 (Source : ETMV-IDF « Etablissements », calculs de l'auteur)

La disponibilité d'infrastructures de stationnement privées n'est pas pour autant une garantie de recours à ce stationnement pour les chauffeurs-livreurs. La Figure 5.2.8 ci-dessous montre qu'une proportion non négligeable de mouvements est réalisée sur l'espace public, malgré la présence d'infrastructures de stationnement privé. Ceci suggère que l'existence d'infrastructures de stationnement n'est pas une condition suffisante pour garantir leur utilisation.

Nous pouvons formuler deux hypothèses pour l'expliquer : l'encombrement des infrastructures de stationnement (occupées au moment où le chauffeur-livreur arrive), d'abord ; la décision du chauffeur-livreur, malgré la disponibilité de l'infrastructure, de ne pas y avoir recours lorsque le temps de manœuvre pour le stationnement est jugé trop important par rapport à un stationnement dans l'espace public, ensuite.

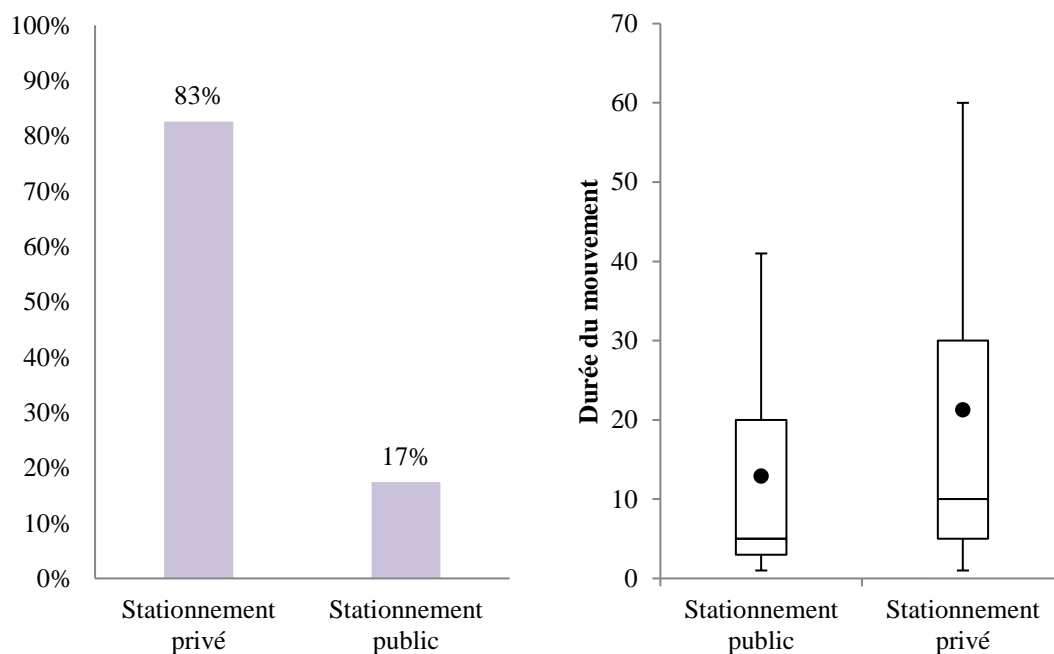


Figure 5.2.8 – Stationnement dans les établissements disposant d'infrastructures de stationnement privé (gauche), durée dans les établissements disposant d'infrastructures privées (droite) (Source : ETMV-IDF « Etablissements », calculs de l'auteur)

La congestion des infrastructures privées est difficile à vérifier. Par contre, on peut expliquer le stationnement public par la durée des mouvements. Dans les établissements disposant d'infrastructures de stationnement, les chauffeurs-livreurs choisissant de stationner sur la voie publique le font pour des durées en moyenne 40% plus faibles. Et donc probablement, des quantités de marchandises plus faibles, nécessitant des opérations de manutention moins complexes.

5.2.4 Observations empiriques : stationnement public des véhicules de marchandises

Après la distinction entre stationnement privé et stationnement public, nous souhaitons explorer les modalités du stationnement sur la voirie publique, et notamment les mouvements ayant recours au parc de stationnement public existant. Comme le montre la Figure 5.2.9 ci-dessous, le stationnement « classique » représente une proportion assez faible des mouvements, notamment en banlieue. Il est plus important à Paris, là où le stationnement privé, on l'a vu, n'existe quasiment pas. Un autre chiffre intéressant concerne la proportion d'utilisation des aires de livraisons, des espaces de stationnement publics dédiés aux véhicules réalisant des arrêts pour chargement ou déchargement.

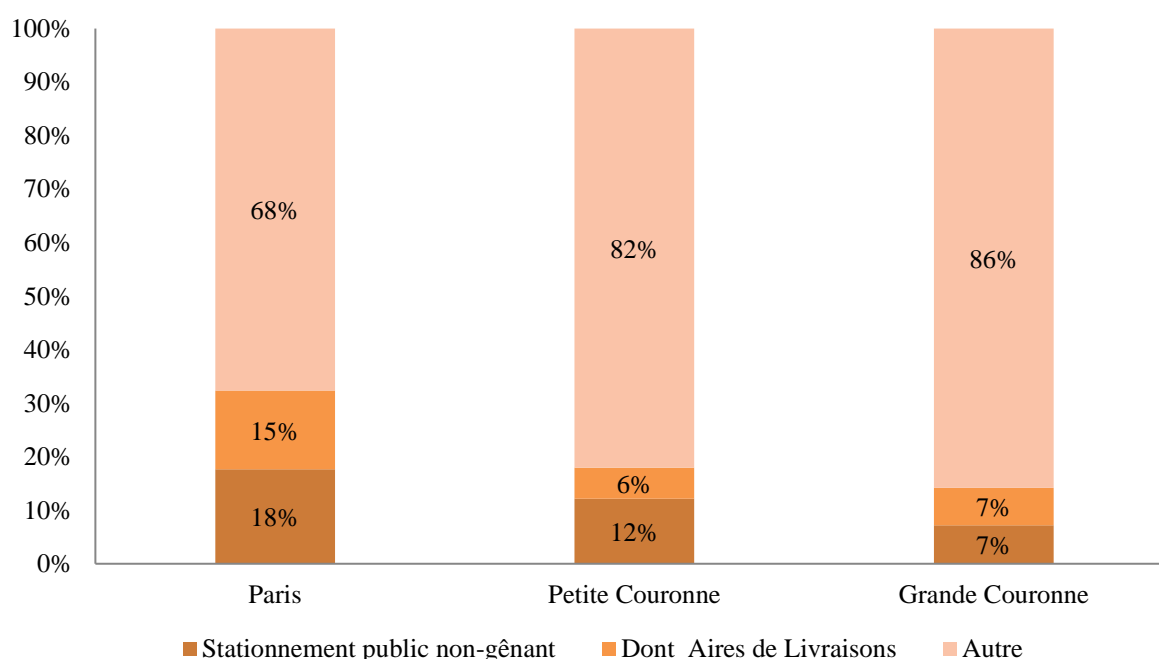


Figure 5.2.9 – Proportion d'utilisation du parc de stationnement public selon la zone de l'Île-de-France (source : ETMV-IDF « Etablissements », calculs de l'auteur)

Encore une fois, la proportion est bien plus importante à Paris, ce qui n'est pas étonnant. La ville de Paris a en effet mis en place un réseau assez conséquent d'environ 9 000 aires de livraisons pour les véhicules souhaitant charger ou décharger des marchandises. Cette politique est aussi mise en place dans certaines communes de banlieue, mais beaucoup moins systématiquement et avec une ampleur bien plus faible.⁵⁵

⁵⁵ Pour illustrer cette différence importante, on peut comparer l'Ouest parisien (15^{ème}, 16^{ème} et 17^{ème} arrondissement de Paris), aux communes des Hauts-de-Seine pour lesquelles nous possédons des données pour les aires de livraisons. Les deux territoires considérés sont comparables morphologiquement, fonctionnellement, sociologiquement, et politiquement. Pour l'Ouest parisien, on compte environ 100 aires de livraisons au km². Les communes des Hauts-de-Seine considérées n'en comptent que 14 au km² environ, avec des pics à 58 pour Clichy

Si l'on en croit la littérature sur les choix de stationnement des conducteurs (voir la 1^{ère} section), le choix d'avoir recours à une aire de livraisons va dépendre de la valeur du temps du conducteur, donc de son temps de parcours (et donc de la distance) entre l'aire de livraisons et sa destination finale. On peut faire quelques constats concernant le comportement des chauffeurs-livreurs à partir de l'enquête « Etablissement », qui contient une variable très intéressante concernant la distance à l'aire de livraison la plus proche de l'établissement (Figure 5.2.10).

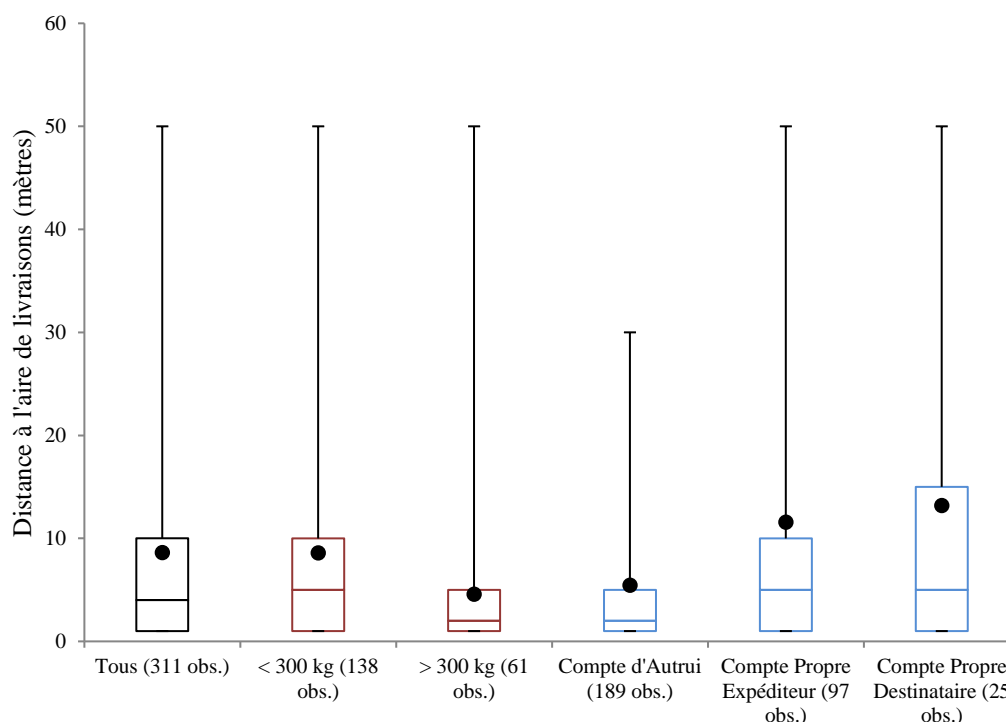


Figure 5.2.10 – Distance entre l'établissement et l'aire de livraison utilisée par le chauffeur-livreur selon différents critères (source : ETMV-IDF « Etablissements », calculs de l'auteur)

Pour les mouvements qui ont effectivement recours aux aires de livraisons dans la base de données, nous observons une distance médiane très faible de 4m et une distance moyenne de 8m entre l'aire de livraisons la plus proche (dont nous faisons l'hypothèse qu'elle est celle qui est utilisée) et l'établissement.

ou 44 pour Levallois-Perret (source : calcul de l'auteur à partir des données de l'open data de la ville de Paris et des Hauts-de-Seine). On compte donc environ sept fois moins d'aires de livraisons au km² dans les Hauts-de-Seine, alors que d'après nos exploitations de l'enquête TMV (voir chapitre 3), on peut estimer qu'il n'y a que 1,5 fois moins de mouvements au km². Les communes des Hauts-de-Seine considérées sont : Asnières-sur-Seine, Boulogne-Billancourt, Clichy, Colombes, Levallois-Perret, Malakoff, Meudon, Montrouge, Nanterre, Neuilly-sur-Seine, Saint-Cloud, Sceaux, Suresnes, Vaucresson (Source : Open Data Hauts-de-Seine).

La dispersion de la distribution des distances est très importante et la décomposition des résultats selon différents critères apporte d'autres résultats très intéressants. Ainsi, les mouvements livrant ou enlevant des marchandises très pondéreuses (> 300 kg) ont tendance à stationner sur des aires de livraisons lorsque celles-ci sont très proches de l'établissement.

On peut donc imaginer qu'en cas d'absence d'offre de stationnement proche de l'établissement, ces chauffeurs-livreurs auraient davantage tendance à stationner illégalement. Au contraire, les chauffeurs-livreurs effectuant des mouvements de marchandises moins lourdes acceptent de parcourir des distances généralement plus élevées.

La décomposition selon la nature de l'opérateur de transport apporte aussi un éclairage intéressant. Les opérateurs en compte pour autrui (les transporteurs professionnels) ont tendance à stationner plus près sur aires de livraisons. En revanche, le stationnement de mouvements en compte propre, et notamment en compte propre destinataire, peut être réalisé bien plus loin de la destination finale (13 m en moyenne pour le CPD).

Le compte propre destinataire est généralement réalisé en trace directe par des petits commerçants ou artisans qui livrent leur propre magasin, tandis que les tournées en compte pour autrui peuvent compter des dizaines d'arrêt. La valeur du temps des deux opérateurs de transport n'est donc probablement pas la même, d'où les différences de distance.

5.2.5 Observations empiriques : stationnement gênant des véhicules de marchandises

Après avoir analysé le stationnement public non-gênant, nous proposons maintenant la distinction entre le stationnement gênant hors voirie et le stationnement gênant sur voirie. Le stationnement gênant sur voirie est potentiellement gênant pour le trafic, alors que le stationnement hors voirie est problématique pour les autres usagers de l'espace public (piétons ou voiture sortant d'un parking, par exemple).

Comme le montre la Figure 5.2.11 ci-dessous, le stationnement gênant est une problématique principalement parisienne. La disponibilité de stationnement privé en grande couronne et (dans une moindre mesure) en petite couronne rend le problème beaucoup moins prégnant. Au total plus de 65% des mouvements parisiens sont réalisés en stationnement gênant. La proportion de stationnement en double-file est très conséquente puisqu'elle représente presque la moitié des mouvements. Par comparaison, les mouvements gênants représentent moins d'un tiers des mouvements de la Petite Couronne et moins de 15% des mouvements de la Grande Couronne. En raison de la prépondérance du stationnement illégal à Paris, le reste de l'analyse de cette section concerne les mouvements parisiens.

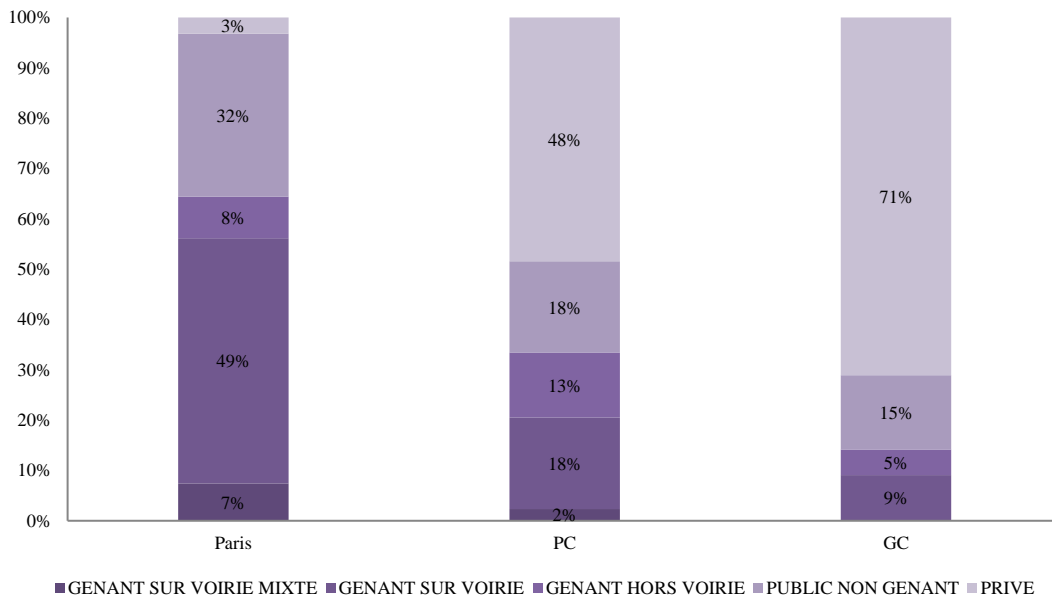


Figure 5.2.11 – Proportion de stationnement gênant dans les différentes zones de la région Ile-de-France (source : ETMV-IDF « Etablissements », calculs de l’auteur)

Tout d’abord, la durée du mouvement exprime en grande partie la relation entre l’organisation logistique du transport et le choix de stationnement du chauffeur-livreur. Comme le montre la Figure 5.2.12 ci-dessous, les mouvements tendent à être en moyenne plus courts pour le stationnement gênant et le stationnement en double-file en particulier. Cette observation confirme des recherches précédentes sur le sujet (Nourinejad & Roorda, 2016; Cheah, et al., 2016).

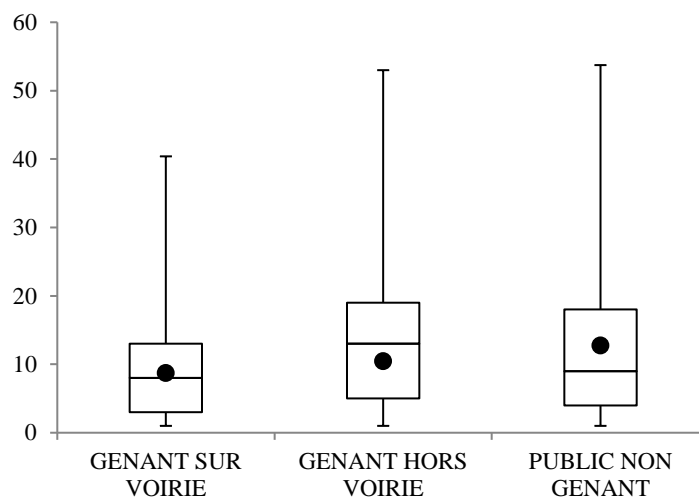


Figure 5.2.12 – Durée du mouvement en fonction du type de stationnement dans Paris (source : ETMV-IDF « Chauffeurs-Livreurs », calculs de l’auteur)

Cette durée plus courte des livraisons gênantes peut s’expliquer par trois mécanismes. D’un côté, plus l’arrêt est court, plus la tournée est longue et les arrêts nombreux (Routhier & Toilier,

2007), donc le chauffeur-livreur ne peut pas passer trop de temps de recherche d'une place à chaque arrêt. Ensuite, plus l'arrêt est court, plus le chauffeur-livreur peut estimer que la probabilité d'être verbalisé est faible, ce qui justifie la prise de risque du stationnement illégal. Enfin, on peut faire l'hypothèse que les chauffeurs-livreurs vont avoir tendance à se dépêcher de réaliser leur mouvement lorsqu'ils sont stationnés illégalement : les mouvements seraient donc plus courts, toutes choses égales par ailleurs.

On remarquera ensuite que les poids lourds ont un accès plus difficile au stationnement public non-gênant, et stationnent plus souvent illégalement, particulièrement en double-file. Cela peut s'expliquer tout simplement par leur taille et leurs difficultés à trouver une offre en stationnement adéquate, et aux difficultés à décharger le véhicule une fois la place de stationnement trouvée, les opérations de manutention lourde nécessitant plus d'espace pour être effectuées. L'organisation logistique de l'opérateur de transport influe donc sur l'opération de stationnement du chauffeur, ce qui se vérifie via la taille des envois (et donc la durée), et le véhicule choisi pour réaliser ce mouvement, comme le montre la Figure 5.2.13.

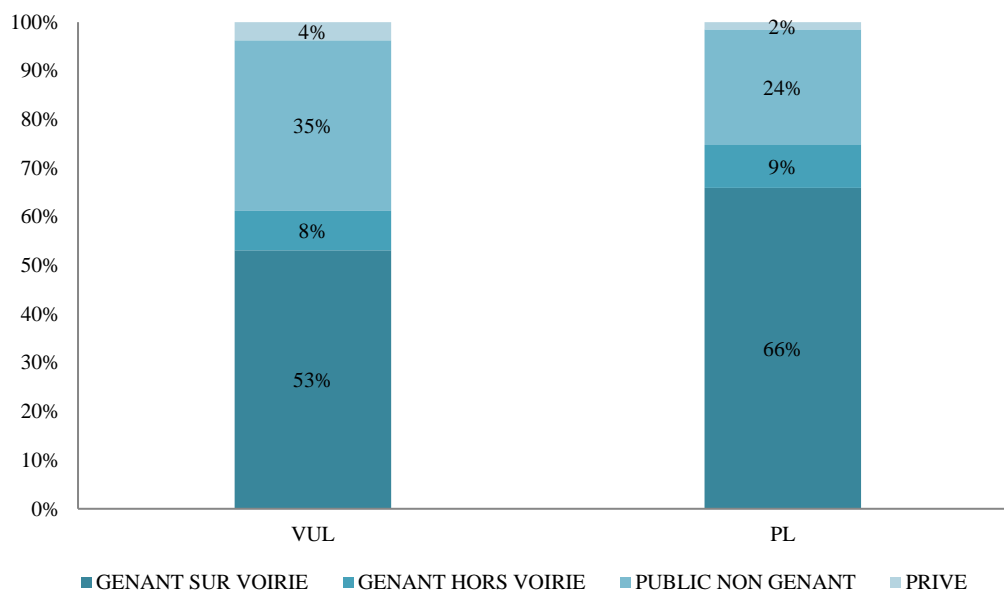


Figure 5.2.13 – Proportion du stationnement en fonction du type de véhicule dans Paris (source : ETMV-IDF « Chauffeurs-Livreurs », calculs de l'auteur)

Au-delà de l'organisation logistique de l'opérateur de transport, le choix de stationnement est aussi défini par les possibilités du chauffeur-livreur dans un contexte urbain donné. En fonction des formes urbaines, la disponibilité de stationnement ne sera pas la même. Si aucun stationnement n'est disponible, l'accès au trottoir dépendra aussi du mobilier urbain (barrières, potelets, arbres, stations velib' ou autolib', panneaux de circulation) et de la taille du trottoir, potentiellement plus ou moins gênant pour le stationnement et les opérations de manutention.

Afin de comparer les formes urbaines de la ville de Paris avec les modes de stationnement des chauffeurs-livreurs, nous proposons de caractériser les voiries parisiennes en fonction de leur morphologie physique et fonctionnelle⁵⁶. A partir du fichier IGN Route500 pour la ville de Paris et du fichier Altarès à notre disposition, nous combinons dans une seule base les formes physiques des rues et les établissements économiques qui s’y trouvent (à partir du nom des rues dans le fichier Route500, et de l’adresse disponible dans le fichier Altarès).

Cela nous permet de proposer la typologie présentée dans le Tableau 5.2.4 ci-dessous. Celle-ci distingue les rues selon leurs caractéristiques physiques, principalement le nombre de voies (1-2 voies, ou plus de 2 voies). Et selon l’activité de la rue, la plupart des larges avenues parisiennes étant mixtes et mélangeant différents types d’activité. Pour les rues plus étroites, les spécialisations commerciales (surreprésentation de commerces), tertiaires (surreprésentation de bureaux ou de services) et résidentielles (très peu d’établissements économiques) sont identifiées.

Typologie	Nombre de segments	Longueurs des segments (km)
Avenues / Boulevards / Rues larges	1 860	156,9
Rues commerciales étroites	4 225	333,7
Rues mixtes étroites	2 705	285,9
Rues tertiaires étroites	2 462	249,5
Rues résidentielles	2 396	207,5

Tableau 5.2.4 – Typologie des rues parisiennes selon leurs formes urbaines (source : calculs de l’auteur d’après IGN Route500 et Altarès)

Comme le montre la Figure 5.2.14 ci-dessous, le type de stationnement est très différent selon la forme de la rue. Le stationnement gênant hors voirie ne change pas beaucoup. Par contre, les proportions de stationnement gênant sur voirie sont beaucoup plus importantes dans les grandes artères de la ville, probablement parce que les chauffeurs-livreurs estiment que le niveau de gêne qu’ils créent est moindre quand la rue est plus large.

Au contraire, le stationnement dans les petites rues utilise plus souvent le stationnement public non-gênant, probablement parce que 1°) les chauffeurs-livreurs sont plus réticents à stationner en double-file dans des situations où ils gênent beaucoup et 2°) ces rues (particulièrement les rues résidentielles pendant la journée) ont probablement plus de stationnement disponible que les rues commerciales ou tertiaires.

⁵⁶ Cette base de données a été créée pour un article, présenté à la WCTR (World Conference on Transport Research) en juillet 2016 (Beziat & Toilier, 2016).

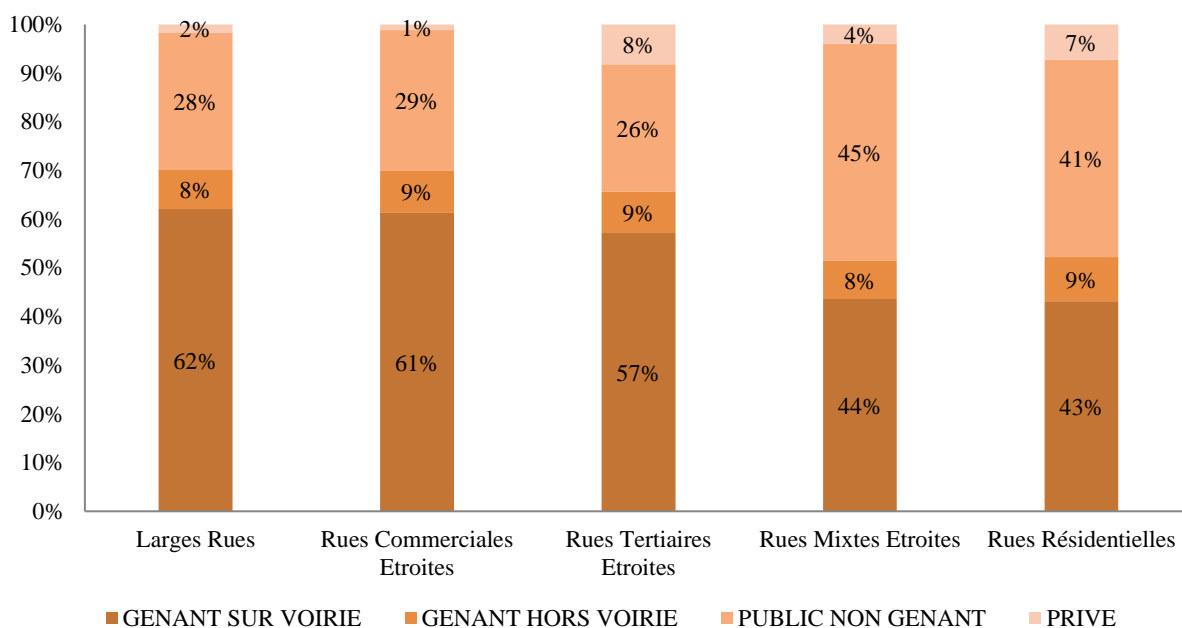


Figure 5.2.14 – Proportion du stationnement en fonction du type de voirie (source : ETMV-IDF « Chauffeurs-Livreurs », calculs de l’auteur)

Enfin, la dernière dimension pertinente liée à celle qui précède, concerne la concurrence des autres usagers. Les choix de stationnement diffèrent en effet selon l’heure de la journée, et donc le trafic automobile. La Figure 5.2.15 ci-dessous montre les pratiques de stationnement en distinguant les périodes d’heures de pointe pour les passagers (définies de 7 à 9h, et 17 à 19h), et les heures creuses (le reste de la journée).

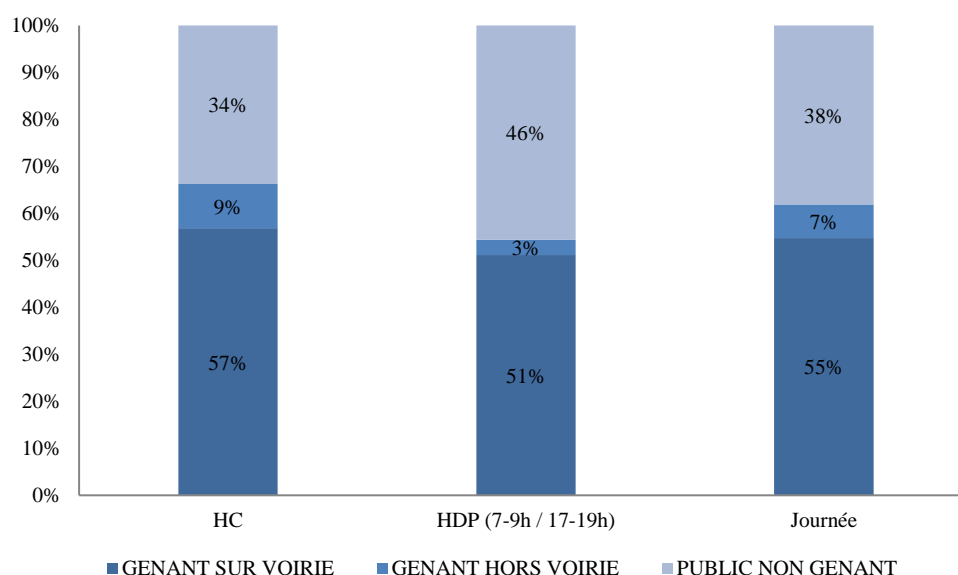


Figure 5.2.15 – Proportion du stationnement en fonction de la période de la journée (source : ETMV-IDF « Chauffeurs-Livreurs », calculs de l’auteur)

Elle montre que le stationnement gênant sur voirie a lieu en plus grande proportion en heures creuses. C'est dans ces moments que 1°) les chauffeurs-livreurs risquent le moins de ralentir le trafic et 2°) ont le plus de chance de trouver des places de stationnement disponibles, les infrastructures de stationnement étant peut-être moins sollicitées par les véhicules de passagers en heures creuses.

5.2.6 Observations empiriques : stationnement sur voirie des véhicules de marchandises

Au sein même des observations de l'arrêt sur voirie, il apparaît important de les distinguer selon le niveau de gêne que les véhicules stationnés infligent effectivement aux autres utilisateurs. En effet, nous pouvons introduire cette discussion par certains éléments qualitatifs qui ressortent de notre enquête d'observation des pratiques de stationnement des chauffeurs-livreurs sur la voirie.

D'après la littérature, les chauffeurs-livreurs ne peuvent pas faire autrement que de stationner illégalement s'ils veulent remplir les obligations de leur service pendant leur journée de travail (Amer & Chow, 2016; Aiura & Taniguchi, 2005). Stationner illégalement n'est bien sûr pas une volonté délibérée de leur part et l'enquête d'Aiura et Taniguchi (2005) évoque les « remords » (« *pang of conscience* ») déclarés par 75% des chauffeurs-livreurs vis-à-vis de ce comportement.⁵⁷

Face aux contraintes de leurs commanditaires, les chauffeurs-livreurs doivent donc prendre une décision en fonction notamment de la disponibilité de stationnement. A l'issue de leur arbitrage entre les différentes variables formant le choix de stationnement, nous pouvons faire l'hypothèse qu'en raison de leur « réticence » à stationner illégalement, les chauffeurs-livreurs essaient, dans la mesure de leurs possibilités, de gêner le moins possible. Au cours de notre enquête de terrain d'observation du stationnement des chauffeurs-livreurs dans douze rues parisiennes, notre démarche a été double. D'un côté, nous avons recueilli des éléments quantitatifs sur le stationnement des chauffeurs-livreurs. Les modalités de la variable sont globalement les mêmes que pour l'ETMV, adaptées aux spécificités de notre terrain.

Le stationnement sur voirie est par contre analysé plus en détail et est décomposé en plusieurs modalités : double-file, couloir de bus (jusque-là, comme dans l'ETMV), passage piéton, chevauchement de la voirie (un véhicule à cheval sur la voirie et le trottoir ou une place de stationnement) et « autre voirie ». Ces distinctions sont apparues assez naturellement lors des

⁵⁷ L'enquête en question est réalisée à Kyoto au Japon, les spécificités culturelles et sociales japonaises vis-à-vis des activités illégales influençant probablement les résultats.

premières sorties de terrain. L'autre volet de l'enquête est en effet plus qualitatif. Pour chaque opération de stationnement, des observations qualitatives ont été notées par l'enquêteur et, autant que possible, des photos ont été prises des opérations de stationnement.

Au total cette enquête qualitative a permis la prise de 1 497 photographies (certaines opérations ont été photographiées plusieurs fois) permettant, avec les commentaires qualitatifs, de rendre compte peut-être plus précisément du comportement de stationnement du chauffeur-livreur que ne le permettrait une variable avec une dizaine de modalités. Ce corpus photographique n'est pas analysé en détail dans cette thèse, mais il permet tout de même de faire des observations rendant compte de la nécessité d'analyser très finement le stationnement.

Le principal enseignement que nous en tirons est qu'on ne peut pas considérer tout stationnement sur voirie comme du stationnement « en double-file » au sens strict. La définition du stationnement en « double-file » à proprement parler n'a d'ailleurs pas de définition légale. Dans le sens commun, on désigne le double-file comme le fait de stationner en parallèle d'un autre véhicule déjà stationné. Les chauffeurs-livreurs adoptent des comportements leur permettant de limiter, autant que possible, leur impact sur le trafic et les gênes aux autres utilisateurs. Parmi ces nombreux comportements, on peut en distinguer quelques-uns.

- Le stationnement sur couloir ou arrêt de bus / piste cyclable : cette variable est renseignée dans l'ETMV. Le véhicule n'occupe pas les voies principales, mais peut provoquer des changements de voies pour les bus et les vélos circulant dans l'axe (Augereau, 2009).
- Le stationnement sur passage piéton : le véhicule est sur la voirie, mais souvent derrière ou devant des véhicules stationnés. Il gêne les piétons mais n'a que relativement peu d'impact sur le trafic.



Figure 5.2.16 – Stationnement sur arrêt de bus et passage piétons
(Source : enquête terrain, 05/05/2015)

- Le stationnement à cheval sur la voirie : le véhicule n'est pas à proprement parler sur le trottoir ou sur sa place de stationnement, puisqu'il déborde au moins à moitié sur la voirie. Pourtant, il occupe moins la voirie qu'un réel double-file.



Figure 5.2.17 – Stationnement à cheval sur voirie
(Source : enquête terrain, 03/06/2015)

- Le stationnement à cheval sur deux axes de circulation : le véhicule est sur la voirie, à cheval sur deux axes perpendiculaires. Il n'occupe complètement aucune des deux voies qu'il chevauche, et a donc un impact plus faible qu'un réel stationnement en double-file.



Figure 5.2.18 – Stationnement à cheval sur deux axes perpendiculaires
(Source : enquête terrain, 06/05/2015 et 03/06/2015)

- Le stationnement utilisant des « obstacles » urbains : les chauffeurs-livreurs utilisent les caractéristiques de la voirie pour limiter la gêne qu'ils infligent aux autres. Ces « obstacles » urbains, qui peuvent être permanents (mobilier urbain) ou temporaires (travaux, autres véhicules), deviennent ainsi des ressources que les chauffeurs-livreurs peuvent mobiliser. La Figure 5.2.19 par exemple, montre un obstacle urbain permanent (une borne Devault séparant deux voies et encadrant un passage piéton), et des obstacles urbains temporaires (des travaux). Notons que ces obstacles peuvent même être

éphémères (d'autres véhicules de livraisons déjà en double-file, par exemple). Dans ces cas-là par contre, le véhicule a été compté comme un véhicule en « double-file », plutôt que « voirie autre ».



Figure 5.2.19 – Stationnement et utilisation des obstacles permanents, temporaires ou éphémères (Source : enquête terrain, 23/04/2015, 05/05/2015 et 28/05/2015)

Le stationnement, dans le cadre de ce travail de terrain, est considéré comme étant à double-file lorsqu'un véhicule occupe une voie de circulation que pourrait potentiellement emprunter n'importe quel usager de la voirie. Ce stationnement peut être parallèle à un autre véhicule en stationnement ou à un trottoir. C'est le stationnement qui est considéré comme le plus gênant, dans ce travail de thèse : le véhicule garé ainsi force les autres usagers à se déporter complètement dans une autre voie (pas simplement à s'écarter), ce qui peut avoir un impact important sur le trafic (voir chapitre 7).

Le stationnement sur voirie routière n'est donc pas nécessairement du double-file à proprement parler. En fonction des exigences, des opportunités, mais aussi de leurs expériences et de leurs compétences, les chauffeurs-livreurs peuvent trouver un moyen alternatif au double-file sur voirie. Les données quantitatives de l'enquête de terrain nous permettent de proposer des ratios de stationnement en double-file par rapport aux autres de formes de stationnement sur voirie (Figure 5.2.20). Ce ratio change notamment en fonction du type de véhicule et de la forme de la voirie.

La part du stationnement en double-file sur le stationnement total sur voirie est donc relativement faible (moins de 40%), le reste étant représenté par diverses formes de stationnement sur voirie. En décomposant les résultats, plusieurs résultats sont intéressants : les poids lourds ont une proportion de stationnement en double-file plus élevée, probablement parce qu'il leur est plus complexe de s'adapter à l'environnement urbain et de limiter leur impact, comme peuvent le faire les VUL.

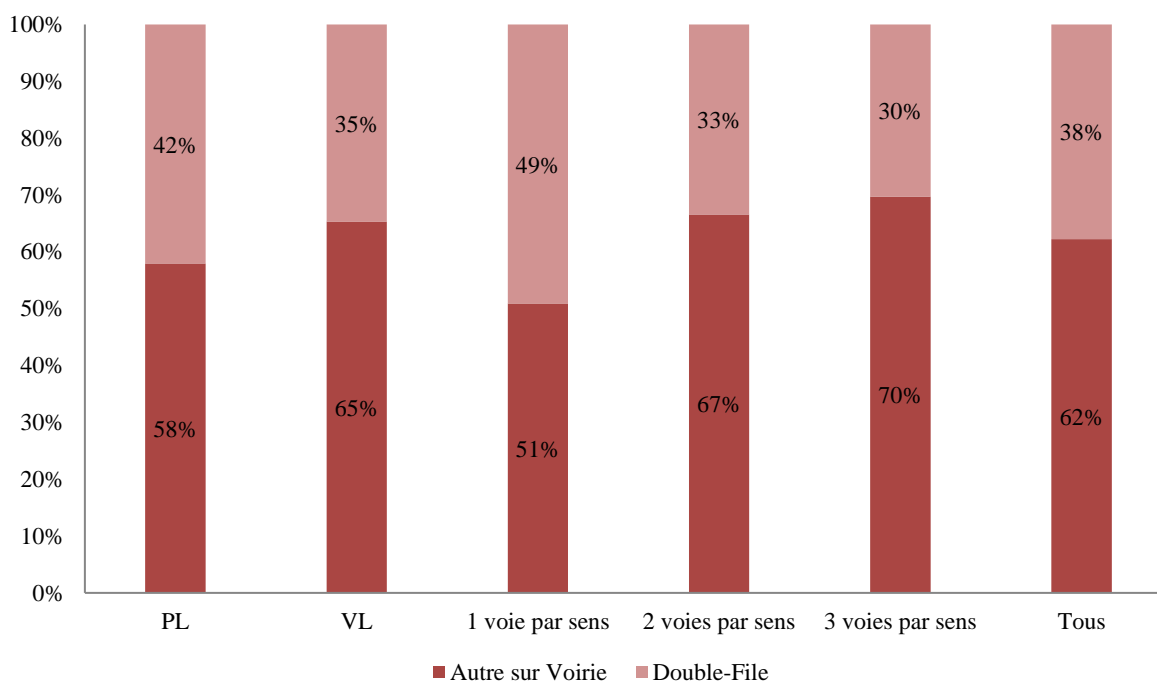


Figure 5.2.20 – Proportion du stationnement en double-file et sur voirie
(Source : enquête terrain)

Ensuite, la proportion de vrai double-file est plus importante dans les rues plus étroites (une voie par sens de circulation), probablement parce que les grands boulevards à plusieurs voies de circulation offrent plus de possibilité aux chauffeurs-livreurs pour s'adapter à l'espace urbain. Une appréciation non quantifiée des observations photographiques nous fait dire que le stationnement en chevauchement sur deux voies perpendiculaires de circulation est particulièrement prévalant, notamment sur les voies les plus larges.

Conclusion

Le stationnement est une tâche complexe pour les chauffeurs-livreurs. C'est d'abord une opération logistique comprenant la manutention, le transport et le dépôt des marchandises. Cette opération est d'autant plus complexe qu'elle est réalisée dans des environnements dynamiques, dangereux pour le chauffeur-livreur, où la concurrence pour l'espace est rude. C'est une opération qui représente un coût pour l'opérateur de transport.

Plus le temps passé en stationnement est long, plus le chauffeur-livreur va avoir du mal à tenir le programme d'opérations de sa tournée. Le temps perdu en marche à pieds ou en recherche d'une place a un coût pour l'opérateur. De manière plus tangible, le stationnement illégal peut

aussi occasionner des coûts importants à l'opérateur. Enfin, le stationnement des chauffeurs peut être plus ou moins gênant et avoir des impacts sur l'environnement urbain. Pour toutes ces raisons, il nous semble pertinent de distinguer particulièrement ces « derniers mètres de la logistique », au sein du dernier kilomètre.

La littérature théorique et modélisatrice sur le sujet distingue plusieurs composantes permettant d'expliquer le choix d'un conducteur : le but du trajet et la valeur du temps du conducteur ; la disponibilité et la distance du stationnement à la destination finale ; et le prix du stationnement, mis en balance avec la durée du stationnement et la probabilité de payer une amende en cas de stationnement illégal. La valeur de ces composants n'est que rarement analysée à part pour les chauffeurs-livreurs.

L'exploitation statistique descriptive réalisée dans ce chapitre 5 permet de faire écho à cette littérature, à l'aide de trois sources de données : l'enquête TMV « Etablissements », l'enquête TMV « Chauffeurs-Livreurs » et une enquête de terrain réalisée spécifiquement pour les besoins de cette thèse.

Nous explorons les choix de stationnement des chauffeurs-livreurs, en les distinguant finement, à travers plusieurs focales : les organisations logistiques, les formes urbaines environnantes, et la compétition des autres usagers de la voirie (plages horaires considérées). Nous mettons ainsi en évidence les liens entre l'organisation logistique du mouvement (le poids, le conditionnement et les moyens de manutention choisis en conséquence) et la durée de l'opération, qui est aussi très liée aux choix de stationnement.

Le stationnement gênant sur voirie, particulièrement problématique à Paris, est intrinsèquement lié à la durée de l'opération de livraison ou d'enlèvement : plus celle-ci est faible, plus le stationnement sur voirie a lieu. Il a aussi lieu dans les rues les plus larges en majorité, là où les chauffeurs-livreurs peuvent éviter d'avoir un impact trop important sur le trafic. Et il a lieu en plus grande proportion en heures creuses qu'en heures de pointe, aux moments où l'impact potentiel sur le trafic est moins important.

Ceci nous amène à la réflexion que les chauffeurs-livreurs ne souhaitent généralement pas gêner les autres usagers de la voirie (lorsque cela est possible), et mettent en place des stratégies de stationnement pour limiter ces impacts négatifs sur la circulation. Il faut donc distinguer le stationnement en double-file des autres formes de stationnement sur voirie, probablement gênants mais beaucoup moins qu'un véhicule bloquant entièrement une voie sur quelques mètres. A l'aide de notre enquête de terrain, nous pouvons quantifier la proportion de « vrai » double-file, qui représente environ 40% du stationnement sur voirie. Dans la majorité des cas, les chauffeurs-livreurs arrivent donc à limiter leurs impacts.

Cette recherche met aussi en évidence le fait que l'existence d'une offre en stationnement ne garantit pas son utilisation : même lorsque l'infrastructure de stationnement privée existe, tous les véhicules desservant l'établissement n'y ont pas recours pour leur opération de chargement / déchargement. On peut l'expliquer de deux manières : parce que la place est indisponible au moment où le chauffeur-livreur arrive, soit parce que le chauffeur-livreur ne souhaite ou ne peut pas retarder son programme d'activités.

Ce raisonnement peut être étendu au stationnement public, ce qui suggère qu'une politique publique visant uniquement à augmenter le nombre de places de stationnement pour les véhicules de livraison ne garantit pas une baisse automatique du stationnement en double-file des véhicules de livraisons (Wenneman, et al., 2015). Il ne s'agit donc probablement pas uniquement d'une question d'offre et de demande, bien que cette question reste importante. Une politique d'infrastructure de stationnement (modification, localisation et composition de des espaces de livraisons) doit s'accompagner d'une mise en application plus stricte des règlements existants pour espérer fonctionner.

Ce chapitre met donc en évidence à la fois les formes multiples du stationnement des chauffeurs-livreurs en milieu urbain et les déterminants de ce choix de stationnement. Une étape ultérieure, qui pourrait être réalisée dans le prolongement de ce travail de thèse, serait d'intégrer l'ensemble de ces variables dans un modèle permettant de quantifier leur poids respectif dans la décision du chauffeur-livreur. Dans la suite de ce travail de thèse, nous utiliserons ces déterminants du stationnement dans le chapitre 6, pour évaluer la politique d'aires de livraisons à Paris ; et dans le chapitre 7, pour évaluer l'impact du stationnement sur voirie en double-file sur la circulation automobile dans une sélection de rue parisienne.

Bibliographie du chapitre 5

Aiura, N. & Taniguchi, E., 2005. Planning on-street loading-unloading spaces considering the behaviour of pickup-delivery vehicles. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Volume 6, pp. 2963-2974.

Amer, A. & Chow, J. Y. J., 2016. A downtown on-street parking model with urban truck delivery behavior. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, p. 17.

Arnott, R. & Inci, E., 2006. An integrated model of downtown parking and traffic congestion. *Journal of Urban Economics*, 60(3), pp. 418-442.

Augereau, V., 2009. *Du transport de marchandises en ville à la logistique urbaine, quels rôles pour un opérateur de transports publics urbains ? : l'exemple de la RATP*. Paris: Thèse de doctorat: Université Paris-Est.

Austin, T. W., 1973. Allocation of parking demand in a CBD. *Transportation Research Record: The Journal of the Transportation Research Board*, Volume 444, pp. 1-8.

Axhausen, K. W. & Polak, J. W., 1991. Choice of parking: Stated preference approach. *Transportation*, Volume 18, pp. 59-81.

Bates, J. & Leibling, D., 2012. *Spaced out - Perspectives on Parking policies*, London, UK: RAC Foundation Report.

- Boussier, J.-M., 2007. *Modélisation de comportements dans les systèmes dynamiques: application à l'organisation et à la régulation de stationnement et de déplacement dans les Systèmes de Trafic Urbain*. La Rochelle: Thèse de Doctorat: Université de La Rochelle.
- Caron, F., 1991. Contraintes de travail et représentations spatiales: un exemple chez le chauffeur-livreur. *Recherche Transports Sécurité*, Volume 30, pp. 3-10.
- Cheah, L., Cheung, N., Jiatao, D., Courcoubetis, C., Xin, S., Ziqi, G. & Dalla Chiara, G., 2016. *Data stories from urban loading bays*. Goteborg, Suède, VREF Urban Freight Platform Conference.
- Conway, A., 2016. *Sharing Urban Street Space*. Goteborg, Suède, VREF Conference on Urban Freight.
- De Silva, J. d. A. & Alho, A. R., 2016. Using Structural Equations Modeling to explore perceived urban freight deliveries parking issues. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, p. 15.
- Gillen, D. W., 1978. Parking policy, parking location decisions and the distribution of congestion. *Transportation*, Volume 7, pp. 69-85.
- Goyal, S. K. & Gomes, L. F. A. M., 1984. A model for allocating car parking spaces in universities. *Transportation Research Part B: Methodological*, 18(3), pp. 267-269.
- Gur, Y. J. & Beimborn, E. A., 1984. Analysis of parking in urban centres: equilibrium assignment approach. *Transportation Research Record: the Journal of the Transportation Research Board*, Volume 957, pp. 55-62.
- Hamelin, P., 1989. Le Temps d'un piège. *Travail*, Volume 18, pp. 24-33.
- Hensher, D. A. & King, J., 2001. Parking demand and responsiveness to supply, pricing and location in the Sydney central business district. *Transportation Research Part A*, Volume 35, pp. 177-196.
- Hunt, J. D. & Teply, S., 1993. A nested logit model of parking location choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 27(4), pp. 253-265.
- Lambe, T. A., 1996. Driver Choice of Parking in the City. *Socio-Economic Planning Sciences*, 30(3), pp. 207-219.
- Lefauconnier, A. & Gantelet, E., 2005. *La recherche d'une place de stationnement: stratégies, nuisances associées, enjeux pour la gestion du stationnement en France*, Paris: Rapport de Sareco dans le cadre du Predit pour le Compte de l'ADEME.
- Marsden, G., 2006. The evidence base for parking policies - a review. *Transport Policy*, Volume 13, pp. 447-457.
- Muñuzuri, J., Racero, J. & Larrañeta, J., 2002. Parking search modelling in freight transport and private traffic simulation. Dans: *Urban Transport VIII*. Southampton, UK: WIT Press, p. 10.
- Nour Eldim, M. S., El-Reedy, T. Y. & Ismail, H. K., 1981. A combined parking and traffic assignment model. *Traffic assignment and control*, 22(10), pp. 524-530.
- Nourinejad, M. & Roorda, M., 2016. Parking enforcement policies for commercial vehicles. *Transportation Research Part A*, p. 18.
- Nourinejad, M., Wenneman, A., Nurul Habib, K. & Roorda, M. J., 2014. Truck parking in urban areas: Application of choice modelling within traffic microsimulation. *Transportation Research Part A*, Volume 64, pp. 54-64.
- Nurul Habib, K. M., Morency, C. & Trépanier, M., 2012. Integrating parking behaviour in activity-based travel demand modelling: Investigation of the relationship between parking type choice and activity scheduling process. *Transportation Research Part A*, Volume 46, pp. 154-166.
- OMNIL, 2012. *Enquête globale transport: La mobilité en Ile-de-France*, Paris: Rapport n°1.
- Petiot, R., 2000. *La fraude au stationnement : Enjeux et analyse économique des comportements*. Lyon: Thèse de Doctorat : Université Lumière Lyon 2.
- RAC Foundation, 2004. *Parking in Transport Policy*, London, UK: RAC Foundation, Pall Mall.
- Renaut, L., 1987. Situations de travail des chauffeurs-livreurs: étude préliminaire réalisée dans le secteur de la messagerie. *Recherche Transports Sécurité*, Volume 16, pp. 23-30.
- Routhier, J.-L. & Toilier, F., 2007. *Freturb v3, a policy oriented software of modeling urban goods movements*. Berkeley, USA, 11th World Conference on Transport Research.
- Thompson, R. G. & Richardson, A. J., 1998. A Parking Search Model. *Transportation Research Part A*, 32(3), pp. 159-170.
- Tsakaguchi, H. & Jung, H., 1989. *Basic considerations on parking strategy in central business districts to obtain a better*. Yokohama, Japan, Proceedings of the 5th World Conference on Transport Research.
- Van der Groot, D., 1982. A model to describe the choice of parking places. *Transportation Research Part A: General*, 16(2), pp. 109-115.
- Ville de Paris, 2014. *Le Bilan des Déplacements en 2014 à Paris*, Paris: Rapport de l'Observatoire des Déplacements.
- Wenneman, A., Habib, K. M. N. & Roorda, M. J., 2015. *A Disaggregate Analysis of the Relationships between Commercial Vehicle Parking Citations, Parking Supply, and Parking Demand*. Tenerife, Espagne, 9th International Conference on City Logistics.

Conclusion de la Partie 2

Le chapitre 4 a été l'occasion d'explorer les modalités d'occupation de la voirie par les véhicules de fret. En effet, les parcours de TMV, dans les milieux urbains, prennent des formes très particulières, notamment par rapport au transport interurbain par exemple. Alors que le transport interurbain est souvent réalisé en trace direct, le transport urbain peut-être réalisé sous la forme de tournées qui peuvent desservir jusqu'à 80 établissements ou plus.

Cette forme spatiale du TMV peut s'expliquer par les particularités de la demande urbaine (livraisons fréquentes de petite taille) et par le dimensionnement des infrastructures, limitant l'usage de véhicules de grande taille. D'un autre côté, la proximité des établissements à desservir nécessite l'organisation de tournées. En fonction des caractéristiques de l'opération de transport proposée (marchandise livrée, conditionnement, lieu et heure de livraison), des services spécialisés sont proposés par les opérateurs de transport, formant différents « marchés » du TMV. Derrière le camion se cachent des organisations techniques et professionnelles complexes, qu'il faut garder à l'esprit pour comprendre les opérations des véhicules de TMV.

Nous avons proposé d'identifier, à partir des données de l'ETMV « Chauffeurs-Livreurs » Ile-de-France, les services de transport fournis par les opérateurs et de les répartir dans une typologie construite à partir d'une démarche qualitative (entretiens et journaux spécialisés). Nous avons ensuite caractérisé chaque type de parcours par des statistiques descriptives simples, montrant les différences assez fondamentales entre plusieurs d'entre eux. Notre analyse illustre qu'une approche par les caractéristiques logistiques semble pertinente pour distinguer les caractéristiques des parcours de TMV à un niveau fin.

Dans le chapitre 5, nous avons étudié les conditions de stationnement des chauffeurs-livreurs. En nous basant sur une revue de littérature du choix de stationnement des conducteurs (passagers et marchandises confondus), nous proposons un ensemble de mesures statistiques descriptives (issues de plusieurs enquêtes sur les véhicules de marchandises) permettant d'illustrer certaines relations entre les caractéristiques du déplacement et les choix de stationnement des chauffeurs-livreurs.

Nous avons en particulier mis l'accent sur les caractéristiques opérationnelles du stationnement, qui met en rapport notamment la durée du mouvement et la quantité de marchandises à charger / décharger. Cette durée a à son tour un impact sur la probabilité de stationner avec un niveau de gêne donné, pour les chauffeurs-livreurs et pour les autres usagers de la voirie. Ainsi, l'analyse des données montre bien que l'existence de l'infrastructure de stationnement ne

permet pas de garantir son infrastructure. Il faut que cette infrastructure corresponde à certaines caractéristiques (distance à l'établissement, temps de manœuvres nécessaires pour l'atteindre, disponibilité immédiate), c'est-à-dire autorise une qualité de service convenable.

Si cette infrastructure ne parvient pas à répondre au niveau de qualité de service requis, la probabilité de stationnement gênant augmente. Par ailleurs, si l'organisation logistique du mouvement semble prépondérante pour expliquer le choix de stationnement du chauffeur-livreur, ce choix dépend aussi des caractéristiques de l'environnement urbain où est réalisé le mouvement. Cette relation se vérifie au niveau des formes urbaines, et de ses caractéristiques physiques (largeur des rues, existence d'infrastructure) ou socioéconomique (trafic de la rue, heure de pointe des passagers, recherche de limitation de la gêne liée au stationnement...).

Les démarches mobilisées dans cette seconde partie sont plutôt qualitatives, et devraient être substantiellement retravaillées pour être intégrées à des démarches quantitatives avancées. Ces deux chapitres contribuent à notre avis à une réflexion sur l'occupation de la voirie par les véhicules de livraisons, dans leurs deux modalités principales : la circulation et le stationnement.

Ce travail met en avant deux idées principales, qui correspondent aux deux premières hypothèses de cette thèse, présentées en introduction générale. D'abord, la nécessité de prendre en compte les organisations logistiques des transporteurs pour comprendre l'occupation de la voirie par les véhicules de TMV. Que cela concerne la circulation ou le stationnement, nous montrons ainsi que les caractéristiques opérationnelles du TMV dépendent fortement de l'organisation logistique du transporteur, qui répond quant à elle à une demande d'un client en fonction de ses ressources.

Cette prise en compte de l'organisation logistique du TMV doit aussi se généraliser dans la mise en place des politiques publiques, ne serait-ce que pour identifier les objectifs et les besoins des transporteurs. En effet, tous les transporteurs, en fonction de leur organisation logistique et des caractéristiques opérationnelles de leurs opérations, n'ont pas les mêmes objectifs et besoins. Et toutes les politiques publiques ne peuvent pas s'appliquer à tous les transporteurs.

Les collectivités locales prennent graduellement conscience des enjeux du TMV, et des outils à leur disposition pour réguler les externalités négatives potentielles liées à ces opérations, notamment via l'occupation du sol des types de véhicules. Par contre, elles semblent aujourd'hui aussi en demande d'une compréhension plus étendue des déterminants de cette occupation de la voirie. « *Change the focus from freight traffic to what is inside the vehicle – all the way from shipper to receiver* »: c'est le besoin exprimé par exemple par Toril Prestum,

représentante de la *Norwegian Public Road Administration* (Prestum, 2016). Nous pensons que cette analyse des rapports entre organisation logistique des parcours et occupation de la voirie peut contribuer à la construction de cette connaissance.

Ensuite, nous avons montré que les formes urbaines jouent sur les caractéristiques opérationnelles et l'occupation de la voirie des parcours de TMV, au moins de deux manières. D'abord, par le lien entre formes urbaines, le choix et la durée du stationnement du chauffeur-livreur. Ensuite, par le lien entre le temps de trajet des véhicules de marchandises et la formes des parcours, surtout en milieu urbain. Nos résultats montrent que les formes urbaines (définies de manière assez grossières dans notre chapitre) expliquent la vitesse des véhicules de marchandises.

La vitesse des véhicules étant liée à la distance qu'il est possible de parcourir en un laps de temps donné, et le temps de conduite des chauffeurs-livreurs étant limité par les contraintes réglementaires (et leur propre planning d'activité), cette vitesse va nécessairement influencer sur la forme des tournées, ne serait-ce que parce qu'une vitesse trop basse limite le nombre maximum de points touchés.

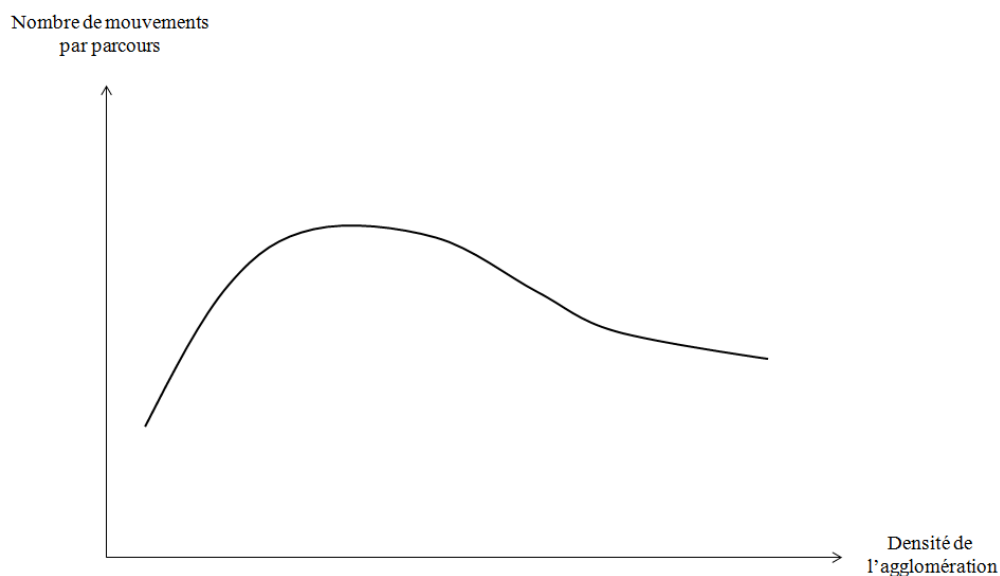


Figure 4.4.1 – Relation théorique entre le nombre d'établissements possibles de desservir par parcours et la densité de l'agglomération (auteur)

Le lien théorique entre densité et TMV agit donc via deux « forces » opposées : d'un côté, la densité vue comme proximité aux clients potentiels et permettant la mutualisation des envois et/ou la construction de tournées optimisées ; de l'autre côté, la densité, synonyme de congestion des infrastructures de transport, signifiant plus de temps à parcourir une distance égale, et donc moins de temps à livrer / enlever ses clients.

Ce lien théorique peut être formalisé comme dans la Figure 4.4.1 ci-dessus. Une plus forte mutualisation permettant des tournées optimisées et un nombre de mouvements plus important par parcours grâce à la proximité des clients. Suivi par un plateau, puis une baisse du nombre de points par parcours, puisque la densité et la congestion augmentent.

Il serait intéressant, dans des recherches futures, de vérifier empiriquement ce lien entre densité et forme des parcours, la courbe présentée ci-dessus étant purement hypothétique. Une comparaison avec les données de l'enquête de Bordeaux (2011) pourrait être particulièrement pertinente dans ce cadre. Dans la partie 3, et dans le chapitre 8 en particulier, nous proposons une analyse plus approfondie de ces temps de parcours pour expliquer et décrivons la congestion que subissent les chauffeurs-livreurs en milieu urbain, mais aussi l'effet réciproque qu'ils infligent sur les autres utilisateurs.

Partie 3 – OCCUPATION DE LA VOIRIE PAR LES VEHICULES DE MARCHANDISES ET FORMATION DE LA CONGESTION

Introduction de la Partie 3

Nous avons défini, dans l'introduction générale, la congestion comme un phénomène ayant lieu lorsqu'une infrastructure rencontre une demande trop importante, dégradant la qualité de service pour ses utilisateurs. Dans cette partie 3, nous adoptons une vision volontairement large de cette définition, afin d'analyser la congestion des infrastructures de transport et de stationnement en Ile-de-France. Comme nous l'avons étudié dans la partie 2, les véhicules de fret occupent la voirie, cette « ressource rare » en ville, de deux manières principales.

D'abord en circulation, lors des parcours effectués pour desservir les établissements qu'ils vont enlever ou livrer. Ensuite en stationnement, notamment parce qu'une proportion importante des chauffeurs-livreurs stationnent en double-file. En effet, la priorité des chauffeurs-livreurs est de réaliser leur opération le plus vite possible, afin de respecter leur programme d'activité. Ceci les conduit à stationner au plus près possible de leur destination, leur seule option étant souvent le double-file ou une autre forme de stationnement gênant.

La circulation et le stationnement gênant des véhicules de marchandises représentent un coût temporel important pour les autres usagers qui empruntent la même infrastructure. En effet, les poids lourds (qui représentent tout de même 40% mouvements de marchandises en Ile-de-France) sont à la fois plus imposants, moins maniables et moins rapides que les autres véhicules. On estime généralement que leur impact sur le trafic est deux à trois fois supérieur à celui d'une voiture (SETRA, 2001).

Ensuite, le stationnement en double-file des véhicules de livraison « capture » une partie de l'infrastructure routière, gênant les autres usagers et pouvant causer une baisse de la capacité théorique d'une route donnée. A l'inverse, les véhicules de marchandises sont aussi impactés par les phénomènes de congestion qui touchent les infrastructures de transport et les places de stationnement.

La démarche de cette partie 3 est différente de celle des deux autres parties. Les chapitres présentés ici sont le résultat de trois articles présentés à des conférences et / ou soumis pour publication dans des revues scientifiques. Il s'agit de trois « essais » sur la question de la congestion liée à la circulation et au stationnement des véhicules de marchandises en Ile-de-France.

Dans le chapitre 6, nous proposons d'évaluer l'adéquation entre l'offre d'aires de livraisons de la ville de Paris, mises à la disposition des véhicules souhaitant charger et décharger leurs véhicules, et la demande de stationnement liée au TMV. Nous montrons notamment que dans certaines zones et à certaines heures de la journée, l'offre n'est pas apte à répondre à la demande de stationnement des véhicules de livraisons.

Dans le chapitre 7, nous proposons une analyse exploratoire de l'impact du stationnement en double-file des véhicules (passagers et marchandises confondus) sur les conditions de trafic de plusieurs rues parisiennes. Comme pour le chapitre 6, ce chapitre se concentre sur la problématique du stationnement dans la ville de Paris (comme le montre le chapitre 5, c'est là que les problèmes liés au stationnement gênant sont les plus importants). A l'aide de notions élémentaires d'ingénierie du trafic, nous calculons les pertes de temps et le coût marginal provoqués par un véhicule placé en double-file.

Finalement, le chapitre 8, présente un travail de quantification de l'impact de la circulation des véhicules de marchandises sur le trafic en Ile-de-France. A l'aide d'une méthodologie mobilisant des données macroscopiques sur des flux et des observations individuelles de déplacements de passagers (EGT 2010) et de marchandises (TMV-Freturb), nous estimons la congestion routière en distinguant non seulement l'impact des grands véhicules sur le temps de parcours des petits véhicules, mais aussi l'impact réciproque des petits véhicules sur les grands.

Chapitre VI – Evaluation de la politique d’aires de livraisons dans la ville de Paris

Introduction

La congestion décrit le phénomène ayant lieu lorsqu’une infrastructure aux capacités fixes rencontre une demande trop importante, dégradant la qualité de service pour ses utilisateurs. Cette définition est fréquemment utilisée pour les infrastructures linéaires de transport. Pourtant, prise au sens propre, elle peut aussi concerner les infrastructures de stationnement, qu’on pourrait qualifier de « nodales ».

L’opération de stationnement est le dernier « nœud » de la chaîne logistique, qui comprend une rupture de charge, une opération logistique de manutention et un changement de mode pour le transport (généralement d’un véhicule à la marche à pieds). Cette opération dépend d’une infrastructure, qui a une capacité donnée et qui forme l’offre de stationnement. Cette offre peut être inférieure à la demande. Lorsque que la demande de livraisons dans une rue donnée est trop importante par rapport au stock d’aires de stationnement dédiées, la qualité de service diminue : le conducteur doit stationner plus loin de sa destination, ce qui accroît son temps de marche à pieds et peut le mettre en retard dans son programme d’activités ; ou il doit stationner illégalement, risquant par conséquent une amende. Il s’agit d’un phénomène de congestion, au sens propre.

Dans ce chapitre⁵⁸, nous proposons de comparer l’offre et la demande en aires de livraisons. On envisage l’intégralité de la demande d’aires de livraisons sous la forme de la demande de TMV inter-établissements, à l’aide de l’enquête TMV. On compare ensuite cette demande avec l’offre d’aires de livraisons, mesurée à partir d’une base de données Open Source fournie par la Mairie de Paris. Nous prenons en compte le fait qu’une part de la demande rencontre déjà une offre de stationnement adéquate à ses besoins (parkings privés ou stationnement traditionnel public). L’analyse est réalisée pour Paris, qui concentre la majorité des problèmes de stationnement en Ile-de-France (gênant à 66%, comme présenté dans le chapitre 5).

Notre analyse permet d’identifier des « zones de tension » entre l’offre et la demande à Paris. Lorsque la demande est supérieure à l’offre, les infrastructures de stationnement sont

⁵⁸ Ce chapitre est une version retravaillée d’un article (Beziat, 2015), présenté sous forme de poster à la Conférence du *Transportation Research Board* à Washington en Janvier 2015.

congestionnées, provoquant dès lors le stationnement en double-file des chauffeurs-livreurs afin de ne pas perdre de temps. Ce stationnement en double-file implique un coût social lié à l'occupation de la voirie des véhicules de marchandises, et la congestion pouvant en résulter (analysée dans le chapitre 7).

Dans la section 1, nous proposons de décrire le contexte de notre étude (la politique d'aires de livraisons à Paris), notre démarche empirique et ses limites. Dans la section 2, nous étudions l'offre de stationnement : sa distribution temporelle et surtout spatiale. Dans la section 3, nous mobilisons des données de l'enquête TMV pour estimer la demande en aires de livraisons à Paris. Enfin, dans la section 4, nous comparons l'offre et la demande, dans le temps et dans l'espace, dans le but de localiser les zones et les périodes de « tension » à Paris.

6.1 Comparaison de l'offre et de la demande en aires de livraison : contexte parisien, démarche et limites

6.1.1 Politique d'aires de livraisons : contexte parisien

Les articles L. 2212-1, L. 2212-2, L. 2213-1 et L. 2213-2 du code des collectivités territoriales donnent aux municipalités françaises le pouvoir de police sur la circulation et le stationnement sur la voirie (Dablanc, 1998). Ce pouvoir de police est le principal levier à disposition des municipalités leur permettant de réguler le fret urbain (Dablanc, 2007). Si le pouvoir de police permet de réguler le trafic, l'article L. 2213-1 octroi, pour sa part, le pouvoir aux municipalités, de définir une politique de stationnement, et notamment des aires de livraison. A Paris, la situation est compliquée par le chevauchement des compétences en matière de pouvoir de police de la voirie entre le Maire et le Préfet de Police. L'article L411-2 du code de la route et son décret n°2002-810 confèrent au Préfet le pouvoir de réglementation sur le boulevard périphérique, les voies sur berges, les quais de Seine ou encore les « axes structurants ».

L'offre de stationnement à Paris se décompose en trois possibilités : le stationnement dans l'enceinte d'un établissement, le stationnement gratuit et le stationnement payant. Le stationnement payant représente une part importante du stationnement non-gênant (12,4% de toutes les opérations à Paris)⁵⁹. En effet, les véhicules de TMV, VUL ou poids lourds, ont le

⁵⁹ Sans que l'on sache, d'ailleurs, si les chauffeurs-livreurs paient effectivement leur stationnement.

droit d'utiliser les mêmes infrastructures de stationnement que les véhicules de passagers. Il existait environ 151 890 places de stationnement payant sur voirie dans Paris en 2010, lorsque l'ETMV-IDF a été réalisée (Ville de Paris, 2010).

La grande majorité de ces places (135 560, soit presque 90%) sont des places dites « mixtes », c'est-à-dire que seuls les résidents du quartier peuvent les occuper plus de deux heures consécutives (et jusqu'à un maximum de sept jours consécutifs).⁶⁰ Le reste des places sont dites « tournantes », et le stationnement est simplement limité à deux heures consécutives. Le stationnement gratuit est lui presque inexistant dans Paris. Il existait à peine 2 000 places gratuites dans Paris (Ville de Paris, 2010), pour environ 3% du total des opérations.

L'offre de stationnement privé pour les véhicules de livraisons dans l'enceinte des établissements est très mal recensée. D'après le bilan des déplacements de la ville de Paris (2010), il existe environ 500 000 places de stationnement (tous véhicules) dans les immeubles privés (sans qu'on puisse faire la distinction entre les immeubles d'habitation et les bureaux), et environ 80 000 places dans des garages commerciaux. Il n'existe, à notre connaissance, aucune étude sur la capacité de stationnement privée réservée aux véhicules de livraison. Selon l'enquête TMV, 11% des établissements interrogés à Paris ont déclaré avoir accès à un stationnement privé dans leur enceinte (voir chapitre 5). Ce type de stationnement représente par ailleurs à peine plus de 3% des mouvements à Paris.

La problématique du stationnement parisien a été au début des années 2000 le catalyseur de très fortes tensions entre les chauffeurs-livreurs et les pouvoirs publics, ce qui a eu pour résultat un changement important d'attitude de la municipalité parisienne vis-à-vis du fret (Browne & Ripert, 2009). En 2001, la planification de plusieurs couloirs de bus protégés a été faite sans aucun dialogue avec les opérateurs de transport, et a rendu l'accès au trottoir impossible pour eux dans certaines rues. Les protestations des transporteurs professionnels ont amené une prise de conscience chez les décideurs publics, reflétée dans la signature de la « Charte en faveur d'une logistique urbaine durable » de 2006 (Browne & Ripert, 2009; Dablanc, et al., 2011), et dans son renouvellement en 2013.

L'option non-gênante la plus utilisée par les véhicules de livraisons concerne donc les emplacements qui leur sont réservés. Dans le droit français, deux sources réglementaires principales évoquent les aires de livraison. La première est le code des collectivités territoriales (déjà cité plus haut) et son article L. 2213-2 qui donne le droit au Maire de « réserver des

⁶⁰ Le stationnement est d'ailleurs extrêmement peu onéreux pour les résidents du quartier, d'où leur utilisation fréquente. Une carte valide 36 mois coûte 90€, soit moins d'1€ par semaine.

emplacements sur ces voies pour [...] l'arrêt des véhicules effectuant un chargement ou un déchargement de marchandises ». ⁶¹

La seconde source est le code de la route. Celui-ci introduit une ambiguïté dans l'interprétation de la loi. Si le code des collectivités parle de « véhicules effectuant un chargement ou un déchargement de marchandises », le code de la route évoque lui « les emplacements réservés à l'arrêt ou au stationnement des véhicules de livraisons » (article R417-10). Le premier évoque une action que n'importe qui peut réaliser, le second introduit la notion plus floue de « véhicule de livraison », sans la définir.

Un avis du Conseil d'Etat de 1983, confirmé par la cour de Cassation en 1991, tranche sur le fait que l'établissement des aires de livraisons est justifié par « *l'intérêt général et n'est pas contraire au principe d'égalité des citoyens devant la loi dès lors que toute personne [y compris un particulier] peut les utiliser* » (Ville de Paris, 2005). L'avis du Conseil d'Etat vient ainsi valider l'interprétation plus large énoncée dans l'article R417-10.

Légalement, tout le monde peut donc utiliser une aire de livraisons, si la personne charge ou décharge un véhicule. Une municipalité ne peut pas arbitrairement réserver des espaces pour le TMV. A Paris, les aires de livraisons sont aménagées par la ville : elles dépendent d'arrêtés municipaux de 2010 (n°2010-239 à n°2010-258). Un nouveau dispositif réglementaire municipal a remplacé alors le précédent datant de 2006.

La principale différence entre les règlements de 2006 et 2010 est la distinction de deux types d'aires de livraisons : les aires « sanctuarisées » ou « permanentes », réservées aux marchandises tous les jours (y compris le dimanche) 24h sur 24 ; et les aires « partagées » ou « temporaires », réservées aux marchandises entre 7h et 20h, sauf le dimanche et les jours fériés. Afin d'assurer un meilleur roulement dans l'occupation de ces aires (permanentes ou temporaires), le stationnement est limité à 30 minutes, ce qui est supérieur à la durée moyenne d'un mouvement (voir chapitre 5). Les aires de livraisons sanctuarisées sont matérialisées par une double bande jaune continue latérale à la place de livraisons. Les aires de livraisons partagées sont signalées par une ligne jaune en pointillés, comme le montre la Figure 6.1.1).

⁶¹ Source : Légifrance, code des collectivités territoriales. <http://www.legifrance.gouv.fr/>, consulté le 10/03/2015



Figure 6.1.1 – Aires de livraisons partagées et sanctuarisées

(Source : <http://www.paris.fr/professionnels/l-entreprise-au-quotidien/stationnement-livraisons-taxis-3510>, consulté le 10/03/2017)

Les logiques de localisation des aires de livraisons ont longtemps reposé sur des décisions très locales, au coup par coup (demande d'un commerçant par exemple). Elles reposent désormais davantage sur des recommandations de guides techniques. Le Certu a notamment publié un rapport adressé à toutes les collectivités françaises sur le sujet (CERTU, 2009). La ville de Paris a quant à elle son propre guide technique (Ville de Paris, 2005). La localisation des aires de livraisons dépend de diagnostics de voirie réalisés de manières quantitative et qualitative. Elle dépend d'un diagnostic local, à l'échelle d'une artère de la ville (Figure 6.1.2 ci-dessous).

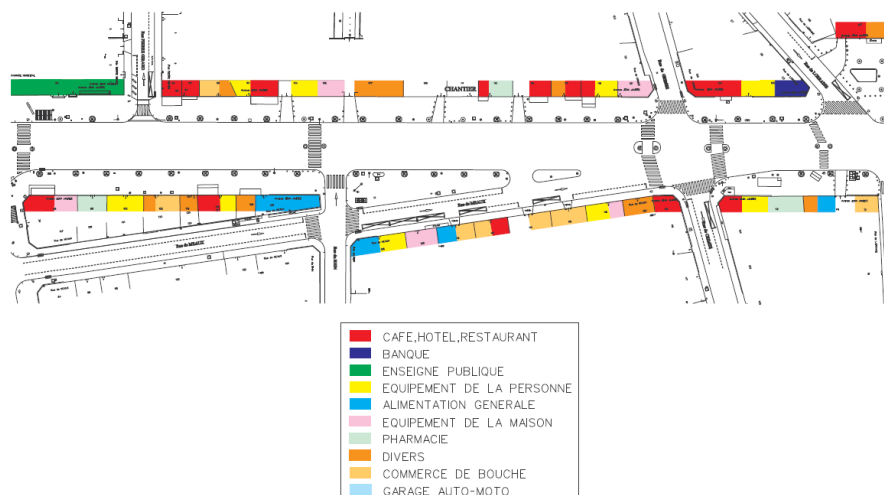


Figure 6.1.2 – Exemple de diagnostic local pour réalisation d'aires de livraisons
(Ville de Paris, 2005)

Pour calibrer la quantité des aires de livraisons et leur localisation exacte, les guides techniques respectent en général la règle officieuse dite des « 50m », estimant le niveau d'accès aux commerces et enseignes. Cette règle stipule qu'un enlèvement / livraison « ne doit pas occasionner un déplacement de la part du livreur d'une distance supérieure à 50 m depuis son lieu d'arrêt » (Ville de Paris, 2005).

Comme on l'a vu dans le chapitre 5 (voir Figure 5.2.9 en particulier), cette distance de 50 mètres correspond quasiment à une distance maximale (95^{ème} centile de la distribution). Cela dit, la distance médiane (50% des chauffeurs-livreurs) est inférieure à 10 mètres, et la distance correspondant au 3^{ème} quartile (75% des mouvements ayant recours à une aire de livraisons) est d'environ 10 mètres. La distance de 50 mètres est donc bien une distance maximale, la grande majorité des chauffeurs-livreurs ayant tendance à avoir recours à des aires de livraisons bien plus proches. De nombreuses aires de livraisons sont donc probablement situées « trop loin » des établissements qu'elles sont censées desservir.

D'après les guides techniques sur le sujet (Ville de Paris, 2005), les véhicules légers et fourgons mesurent environ 5,5 m, tandis que les poids lourds mesurent plutôt entre 7,5 et 10 m. En réalité, compter 10 mètres pour tous les poids lourds est une estimation prudente étant données les distances de manœuvre, la présence éventuelle hayon élévateur du véhicule et la place nécessaire pour la manutention.

6.1.2 Comparaison entre l'offre et la demande : revue de littérature et démarche empirique

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer la politique d'aires de livraison à Paris, afin de contribuer à la réflexion sur les problématiques du stationnement pour les véhicules de TMV. La problématique des aires de livraisons est devenue depuis longtemps une question centrale dans le champ de recherche du TMV. La question de leurs caractéristiques optimales est souvent posée, notamment pour estimer leur quantité et leur localisation (Habib & Crowley, 1976), ainsi que leur dimensionnement (Christiansen, 1978). Le constat est souvent fait d'un manque d'aires de livraisons, en particulier dans le centre des agglomérations (Muñuzuri, et al., 2005).

Nous proposons un axe d'étude via une mesure quantitative de l'offre en aires de livraisons, afin de la comparer à la demande, permettant d'évaluer une certaine forme de congestion de l'infrastructure de stationnement. Nous proposons donc de faire un état des lieux de la littérature existante sur cette méthodologie et d'en signaler les lacunes afin de pouvoir proposer une méthodologie d'analyse affinée.

Jaller et al. (2013), par exemple, proposent d'estimer la demande et l'offre en stationnement pour la ville de New-York. Le nombre de livraisons est estimé par un modèle de génération de la demande. Une durée moyenne par livraisons⁶² et une taille moyenne des véhicules permettent d'estimer la demande à différents moments de la journée et dans différents « *zipcodes* » de Manhattan. Notons que l'analyse ne prend pas en compte l'intégralité de la demande, puisqu'elle repose sur le *Commodity Flow Survey* américain, qui ne prend en compte que les domaines de la construction, de l'industrie, le commerce de gros et la distribution (les activités de bureaux ne sont pas prises en compte). Par ailleurs, l'offre prend en compte l'intégralité du stationnement et pas seulement les aires de livraisons.

Alho & de Silva (2014) proposent une étude similaire pour la ville de Lisbonne. Cette fois-ci, la demande n'est pas exprimée en termes de mouvements ou de flux de véhicules, mais simplement d'établissements. Les auteurs ne prennent par ailleurs en compte que les établissements commerciaux. Cette « demande » est ensuite comparée à l'offre. La distribution spatiale de cet équilibre entre offre et demande est étudiée par le biais d'un découpage géométrique de la ville basé sur un « *grid* » appliqué à l'espace étudié via un logiciel SIG, plutôt que par un découpage administratif qui comparerait des zones de tailles différentes. L'un des aspects intéressants de cette analyse provient du fait que les auteurs prennent en compte les comportements de stationnement, à partir de données d'enquête de terrain, pour estimer l'utilisation des aires de livraisons.

Gardrat & Serouge (2016) analysent la situation pour les villes de Lyon et de Bordeaux en France. L'étude utilise à la fois le logiciel Freturb pour estimer la demande et des outils du Certu pour estimer l'offre. Par ailleurs, le calcul de la demande prend en compte les comportements de stationnement des chauffeurs-livreurs et la disponibilité de stationnement « alternatif » (privé et public autre qu'aires de livraisons). L'intégralité de la demande de TMV inter-établissement est prise en compte, contrairement aux traitements précédents. L'analyse est réalisée pour différentes périodes de la journée et illustre les problèmes de capacité aux heures de pointe. Mais elle ne prend pas en compte la distribution spatiale de la demande : le rapport offre / demande est envisagé au niveau global de la ville.

Dezi et al. (2010) proposent une étude comparable pour le centre-ville de Bologne. La demande est estimée à différentes tranches horaires par des enquêtes cordons entre 7h et 20h. L'étude décrit notamment en profondeur l'offre de stationnement, et s'attarde, fait original, sur la question de la taille des aires de livraisons, et notamment la taille minimale pour un poids lourd.

⁶² Cette valeur est estimée à 1h50 dans Jaller et al. (2013), ce qui semble très élevé : elle est de 19 minutes dans Alho & e Silva (2014), 14 minutes dans Dezi et al. (2010) et environ 15 minutes d'après les résultats de l'ETMV-IDF (2010).

Une taille moyenne de 7 mètres est prise en compte pour les poids lourds, sans compter la place nécessaire éventuelle pour la manutention des marchandises.

On le voit, ces différentes analyses présentent toutes certains avantages, et certains inconvénients. Nous proposons une analyse qui prend en compte les multiples aspects présents dans ces différentes analyses ce qui contribue à l'originalité de notre démarche. Ainsi, nous proposons un modèle agrégé de stationnement reposant sur des observations empiriques prenant en compte :

- L'intégralité des établissements économiques pour la génération des mouvements.
- La différence des véhicules selon leur taille.
- Différentes durées moyennes pour le stationnement des véhicules.
- La taille des aires de livraisons, qui ne peuvent pas toujours accueillir tous les types de véhicules.
- Le comportement des chauffeurs-livreurs, et les choix de stationnement alternatifs qui se présentent à eux (privé, public autre qu'aires de livraisons).
- La distribution temporelle de la demande, et donc l'évolution au cours de la journée de l'équilibre offre-demande.
- La distribution spatiale de la demande, et de l'offre.

Ainsi, nous proposons de procéder en plusieurs étapes. Tout d'abord, l'offre et la demande en stationnement pour les véhicules de livraisons sont calculées au sein des carreaux d'un « *grid* » appliqué à la ville de Paris à l'aide d'un logiciel SIG, comme le montre la Figure 6.1.3 ci-dessous. Chaque carreau mesure 300 par 300 mètres. Cette distance est choisie en raison du compromis auquel elle permet de parvenir dans plusieurs domaines.

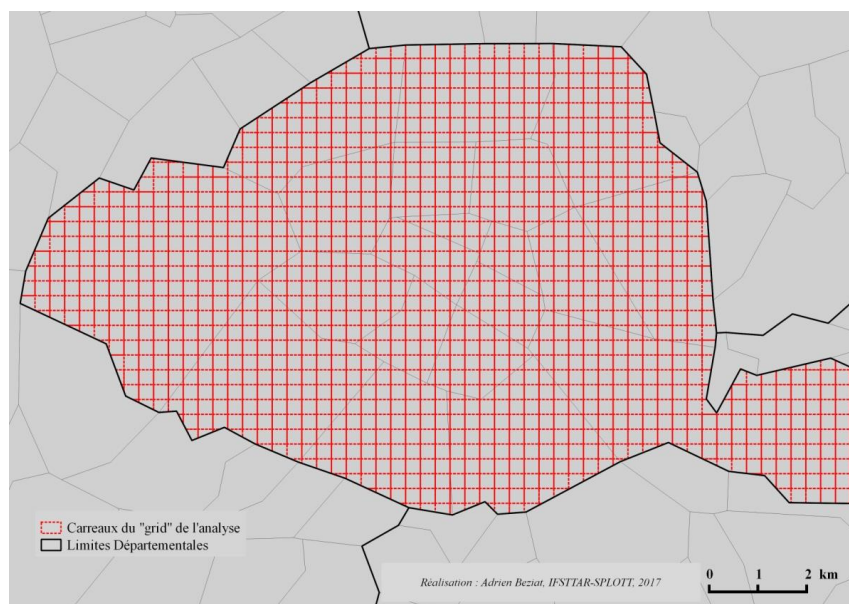


Figure 6.1.3 – Division de la ville de Paris en 1 200 carrés pour l'analyse
(Réalisation de l'auteur)

D'abord, cette distance permet une certaine simplicité du calcul de la génération des mouvements : plus il y a de zones géographiques à considérer, plus la méthode de calcul est lourde. Ensuite, elle simplifie la représentation géographique, en garantissant des zones de tailles semblables (à l'exception de la périphérie de la ville). Enfin, elle répond à l'exigence d'un nombre d'établissements suffisant par carreau : en effet, l'exploitation de l'ETMV repose sur des moyennes calculées par enquête. Ces moyennes ne sont pas statistiquement significatives lorsqu'elles sont appliquées à un établissement isolé. Gérardin et al. (2000) préconisent d'ailleurs un nombre d'établissements aux alentours de 500 au minimum pour obtenir une précision acceptable des estimations. Plus les mailles du *grid* sont grandes, plus le nombre d'établissements à l'intérieur est important, et les résultats sont donc représentatifs.

Ensuite, l'offre en stationnement est calculée à partir de l'*open data* de la ville de Paris.⁶³ L'offre en stationnement est exprimée en temps d'occupation par véhicule, selon la taille du véhicule considérée. La demande est générée à partir des établissements économiques de la ville de Paris, à partir du fichier Altarès, suivant la méthodologie présentée dans le chapitre 2. La demande est ensuite répartie en fonction de sa distribution temporelle (jours de la semaine et heures de la journée).

Les mouvements générés sont ensuite caractérisés par le type de véhicule. On estime la proportion des mouvements qui ont déjà accès à une offre de stationnement alternative. Etant donnée l'échelle et l'objectif de la modélisation, un modèle agrégé de stationnement utilisant les données de l'enquête TMV suffit selon nous. Il n'est pas nécessaire de recourir à des modèles de micro-simulation complexes (Thompson & Richardson, 1998; Nourinejad, et al., 2014). Enfin, nous caractérisons les mouvements par la durée passée à stationner. Nous pouvons ainsi mesurer l'offre et la demande avec la même unité : le temps d'occupation de la voirie par véhicule, selon le type de véhicule considéré.

6.1.3 Limites de l'étude : une offre surestimée, une demande sous-estimée ?

L'objectif de ce chapitre est de mesurer l'offre en aires de stationnement mise en place spécifiquement pour les véhicules de livraisons dans la ville de Paris. Avant de nous lancer dans une analyse quantitative de l'offre et de la demande, nous souhaiterions souligner quelques éléments. Ces éléments ne sont pas pris en compte dans notre analyse, mais ils sont à mettre en perspective dans une appréciation plus globale de l'évaluation de la politique d'aires de livraisons à Paris.

⁶³ http://opendata.paris.fr/explore/dataset/liste_des_places_de_livraison/?tab=table, consulté le 11/03/2015

D'abord, bien qu'il n'existe pas de chiffres récents sur le sujet, les aires de livraisons sont relativement peu utilisées par les véhicules de marchandises. A l'inverse, elles sont assez souvent utilisées par d'autres usagers. La Figure 6.1.4 ci-dessous montre un graphique illustrant l'utilisation d'un échantillon d'aires de livraisons enquêtées pendant un mois à Paris en 2004 et en 2008.

Les données ne sont certes pas récentes, mais elles permettent d'illustrer notre propos : les aires de livraisons enquêtées n'étaient occupées que 7 et 5% du temps par des véhicules de transport de marchandises à proprement parler. Elles étaient inoccupées 47% (2004) et 63% (2008) du temps. Enfin, elles étaient occupées par d'autres types de véhicules 46% et 32% du temps, sans qu'on l'on puisse déterminer si cette occupation est légale ou illégale (n'importe quel véhicule peut utiliser ces places pour charger / décharger son véhicule, voir la sous-section précédente).

Il est difficile de travailler à partir de ces données : elles sont anciennes, on sait peu de chose sur la méthodologie d'enquête, sur l'échantillonnage des aires de livraisons et sur le redressement éventuel des résultats... Elles permettent de souligner la probable surestimation de notre évaluation de l'offre en aires de livraisons, étant donnée l'utilisation fréquente de ces espaces par d'autres véhicules.

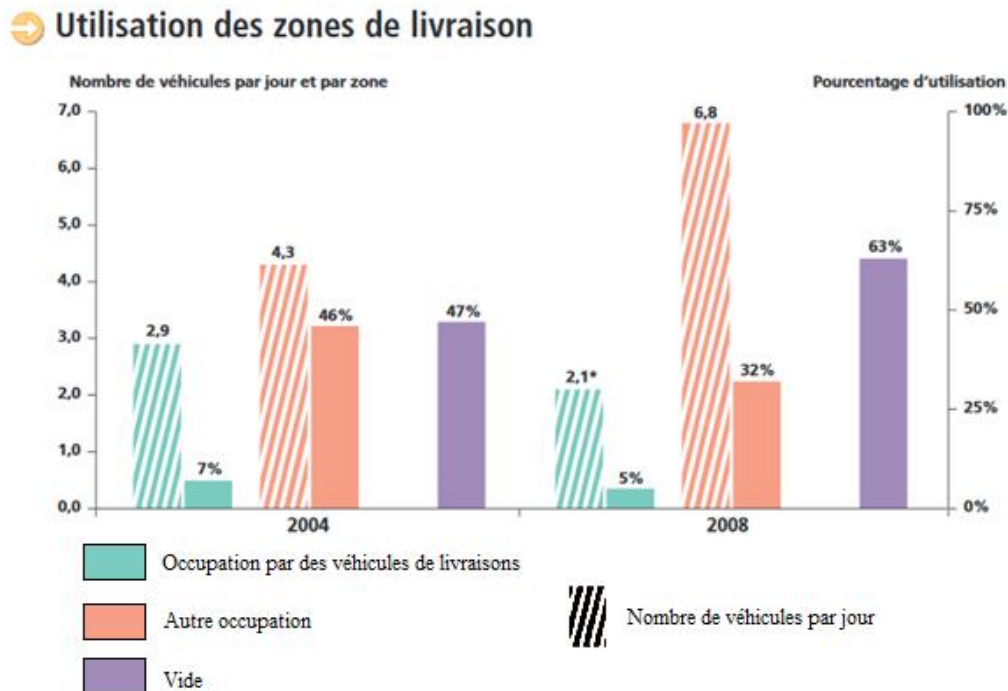


Figure 6.1.4 – Enquête d'utilisation d'aires de livraisons à Paris (Ville de Paris, 2008)

Par ailleurs, comme nous avons pu l'évoquer dans le chapitre précédent, la présence d'infrastructure de stationnement ne garantit pas leur utilisation par les chauffeurs-livreurs. Les

infrastructures peuvent être déjà utilisées par d'autres véhicules, voire ignorées si les impératifs opérationnels du mouvement poussent le chauffeur-livreur à stationner à proximité directe de sa destination dans le but de ne pas perdre de temps.

De plus, la distance de 50 mètres prévue par les guides techniques de la Mairie de Paris ne correspond pas à la distance moyenne ou la distance médiane que les chauffeurs-livreurs sont prêts à parcourir depuis leur espace de stationnement jusqu'à leur destination finale. De ce fait, l'adoption d'une grille de 300x300 mètres risque probablement de surestimer l'offre puisque cette méthode agrège une demande et une offre en stationnement assez lointaines l'une de l'autre.

Par ailleurs, notre méthode est agrégée et ne permet pas de prendre en compte le « chevauchement » de la demande de manière très fine. Notre démarche consiste à compter un nombre de minutes d'occupation de la voirie par les véhicules, dans des tranches horaires définies. On ne peut pas savoir, par exemple, si deux véhicules arrivent au même moment à la minute près.

De même, notre mesure de l'offre ne prend pas en compte un certain nombre de dimensions : occupation par d'autres véhicules, espaces souvent laissés vides, espaces ignorés par certains chauffeurs-livreurs qui préfèrent gagner du temps, plusieurs véhicules exerçant une demande au même moment... Nous nous contentons de remarquer que ces dysfonctionnements affectent tous l'analyse dans le même sens : ils contribuent à surestimer l'offre d'espaces de stationnement pour les véhicules de livraison. Nous garderons donc en tête cette surestimation lors de l'analyse des résultats.

Pour terminer sur les limites de notre exercice, nous nous devons de faire remarquer que nous ne mesurons pas non plus l'intégralité de la demande en aires de livraisons. En effet, nous ne nous intéressons qu'à la demande du TMV inter-établissements. Nous ne prenons pas en compte les livraisons à domicile, qui pourraient représenter d'après une enquête française récente un quart des mouvements d'une agglomération (Gardrat, et al., 2016b), soit plus de 250 000 mouvements en plus par semaine pour Paris.

Nous surestimons donc l'offre de stationnement, et nous sous-estimons très probablement la demande, en ne prenant pas en compte toutes les opérations de chargement / déchargement.

6.2 Analyse de l'offre en stationnement et en aires de livraisons dans la ville de Paris

6.2.1 L'offre en aires de livraisons à Paris : analyse quantitative et transformation en une unité commune avec la demande

La liste des aires de livraison parisiennes est disponible sur l'*open data* de la ville de Paris. Notons que l'*open data* a été mis à jour pour la dernière fois en 2012 et que le nombre exact et la localisation des aires de livraisons ont légèrement évolué depuis. Pour les besoins de notre étude, nous nous appuyons sur cet *open data*, dont la dernière actualisation correspond mieux à la période de l'ETMV établissement, qui a eu lieu entre 2010 et 2011. L'*open data* recense 8 819 aires de livraisons au total, géo-localisées dans un logiciel SIG. La très grande majorité des aires de livraisons sont périodiques (uniquement entre 7h et 20h), puisque cela concerne 7 025 d'entre elles (79,7%). Les 1 794 restantes sont permanentes.

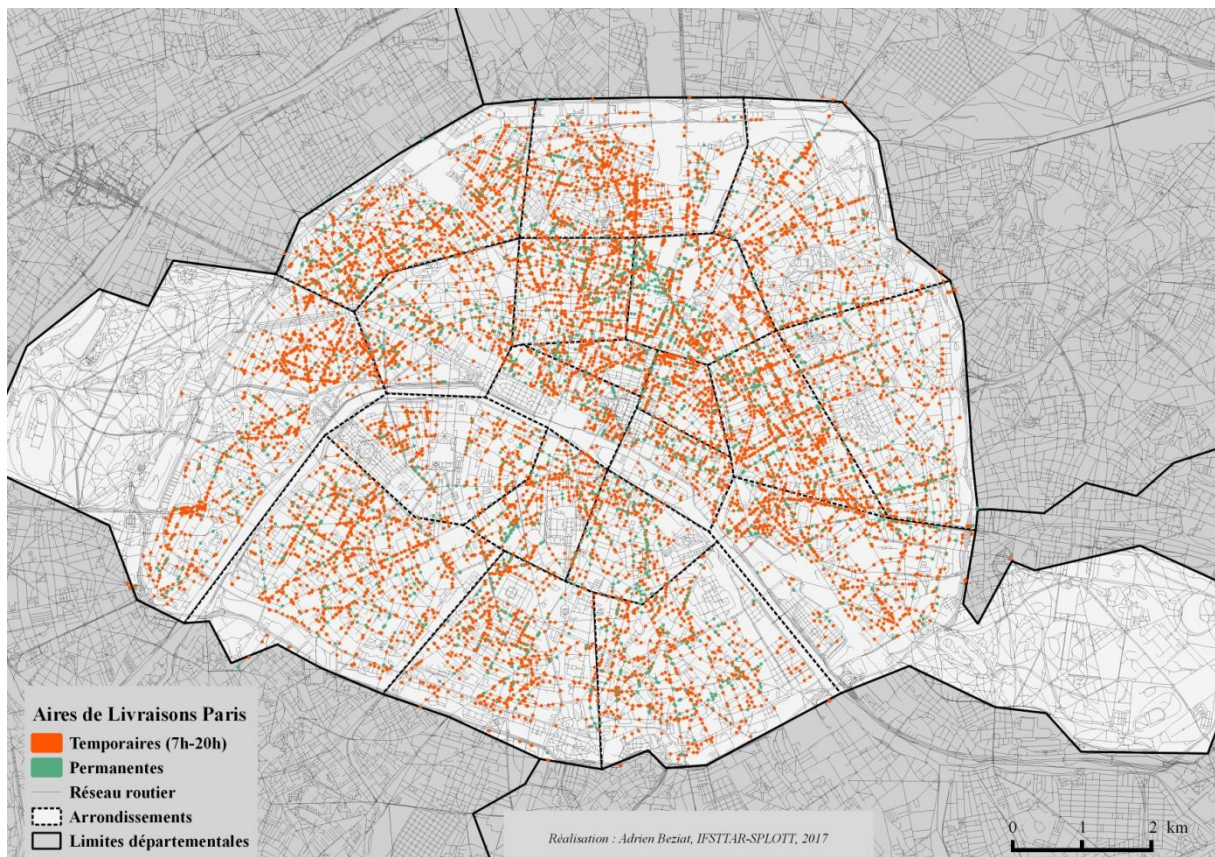


Figure 6.2.1 – Localisation des aires de livraisons temporaires et permanentes à Paris
(Source : *open data*, ville de Paris)

L'*open data* de la ville de Paris nous procure non seulement la liste des aires de livraisons, mais aussi leur localisation sous la forme d'un fichier *shape* utilisable dans un logiciel SIG. Les aires de livraisons peuvent être localisées dans Paris, comme le montre la Figure 6.2.1 ci-dessus. Les aires de livraisons périodiques ou temporaires sont représentées en rouge, les aires de livraisons permanentes en vert.

Les données fournies par *open data* de la ville de Paris sont très complètes. Elles contiennent notamment le nombre et la localisation des aires de livraisons, mais aussi leur type (aires de livraisons permanentes ou temporaires) et leurs dimensions géométriques (notamment la longueur). On peut ainsi se servir de la longueur des aires de livraisons pour estimer le nombre de véhicules que peut accueillir chaque aire de livraison.

Compte tenu de ces éléments, nous proposons d'introduire un nouvel indicateur dans notre analyse : « l'équivalent véhicule léger » (EVL) dans lequel les véhicules légers comptent pour un véhicule (5 m) et les poids lourds pour deux (10 m). Nous séparons les aires de livraisons en deux catégories : celles qui mesurent moins de 10 mètres (petites) et celles qui mesurent plus de 10 mètres (grandes). Cette catégorisation est pertinente pour déterminer le nombre de véhicules que peut accueillir une aire de livraisons.

Une aire de livraisons peut ainsi accueillir 1 EVL supplémentaire par tranche complète de 5 mètres de longueur qui la compose. Un exemple permet de clarifier notre approche : une aire de livraisons de 19 mètres peut accueillir 3 EVL (1 poids lourds et 1 VUL, ou 3 VUL), alors qu'une aire de livraisons de 20 mètres peut accueillir 4 EVL (2 PL, 1 PL et 3 VUL, ou 4 VUL). Nous considérons dans notre modèle que les « petites » aires de livraisons (< 10 mètres) ne peuvent pas accueillir le stationnement des poids lourds.

Notons donc que lorsque nous confrontons l'offre et la demande, il est possible de trouver des cas où il y a un surplus d'offre en stationnement (une offre « résiduelle »), mais dans le même temps une demande non satisfaite. En effet, la demande de poids lourds n'a pas accès à l'offre existante exprimée en EVL des « petites » aires de livraisons.

Le Tableau 6.2.1 ci-dessous résume l'offre en aires de livraisons dans la Ville de Paris, par arrondissement. L'offre en stationnement est exprimée en nombre d'aires de livraisons et en EVL, et décomposée selon le type d'aires de livraisons (permanentes et temporaires, petites et grandes).

On voit que les 5 138 grandes aires de livraisons de Paris (> 10 m) représentent 11 416 EVL en tout, soit environ 2,2 EVL par aires de livraisons. La densité d'aires de livraisons et d'EVL fluctue de manière importante selon l'arrondissement, entre de 75 et 250 aires de livraisons par

km², et 100 et 420 EVL par km². Les arrondissements les plus densément pourvus en EVL sont les arrondissements centraux (2^{ème}, 3^{ème}, 10^{ème} arrondissements). Au contraire, les moins densément pourvus sont plutôt des arrondissements périphériques (19^{ème}, 20^{ème}).⁶⁴

Zone	Superficie (km ²)	Périodiques			Permanentes			Total				
		Petites (<10m)		Grandes (>10m)	Petites (<10m)		Grandes (>10m)	Nb	Nb / km ²	EVL	EVL / km ²	EVL * min
		Nb (=EVL)	Nb	EVL	Nb (=EVL)	Nb	EVL					
1er	1,83	67	84	199	20	35	97	206	112,6	383	209,3	375 960
2e	0,99	71	99	223	22	30	76	222	224,2	392	396,0	370 440
3e	1,17	123	124	279	25	30	63	302	258,1	490	418,8	440 280
4e	1,6	72	60	131	26	26	58	184	115,0	287	179,4	279 300
5e	2,54	108	96	203	48	44	95	296	116,5	454	178,7	448 500
6e	2,15	127	110	226	32	36	87	305	141,9	472	219,5	446 700
7e	4,09	140	109	237	18	34	73	301	73,6	468	114,4	425 100
8e	3,88	146	185	404	33	74	189	438	112,9	772	199,0	748 680
9e	2,18	172	160	341	30	67	154	429	196,8	697	319,7	665 100
10e	2,89	169	267	627	86	99	235	621	214,9	1 117	386,5	1 083 120
11e	3,67	223	330	697	40	83	192	676	184,2	1 152	313,9	1 051 680
12e*	16,32	148	265	559	23	53	134	489	76,6	864	135,4	777 540
13e	7,15	137	268	567	39	91	217	535	74,8	960	134,3	917 760
14e	5,64	144	214	473	24	56	142	438	77,7	783	138,8	720 300
15e	8,48	255	317	691	42	83	190	697	82,2	1 178	138,9	1 071 960
16e*	7,85	257	365	766	26	41	92	689	87,8	1 141	145,4	967 860
17e	5,67	228	349	772	38	93	217	708	124,9	1 255	221,3	1 147 200
18e	6,01	238	227	488	47	42	99	554	92,2	872	145,1	776 520
19e	6,79	97	215	489	17	42	93	371	54,6	696	102,5	615 480
20e	5,98	92	167	376	31	68	165	358	59,9	664	111,0	647 280
Paris	105,4	3 014	4 011	8 748	667	1 127	2 668	8 819	84	15 097	143,2	13 976 760

* Les superficies des 12^{ème} et 16^{ème} arrondissements n'incluent pas ici la surface de leurs bois respectifs (Vincennes et Boulogne)

Tableau 6.2.1 – Offre en Aires de Livraisons par arrondissement

(Source : *open data*, ville de Paris, calculs de l'auteur)

Le Tableau 6.2.1 introduit aussi la mesure finale de l'offre de stationnement : le nombre de minutes disponibles pour chaque EVL (EVL * min). En effet, chaque véhicule va occuper la voirie pendant un certain temps, en fonction de la durée du mouvement. Il est nécessaire de prendre en compte cette durée dans l'offre de stationnement. Evidemment, la durée quotidienne disponible pour chaque EVL dépend du type d'aires de livraisons (permanente ou temporaire) : 1 440 minutes pour chaque EVL pour une aire de livraisons permanentes (24 x 60), ou 780 minutes pour chaque EVL pour une aire de livraisons temporaires (13 x 60, entre 7h et 20h).

⁶⁴ Ici, et dans le reste de l'analyse, les arrondissements « centraux » sont ceux du 1^{er} au 11^{ème}. Les arrondissements « périphériques » sont ceux du 12^{ème} au 20^{ème}.

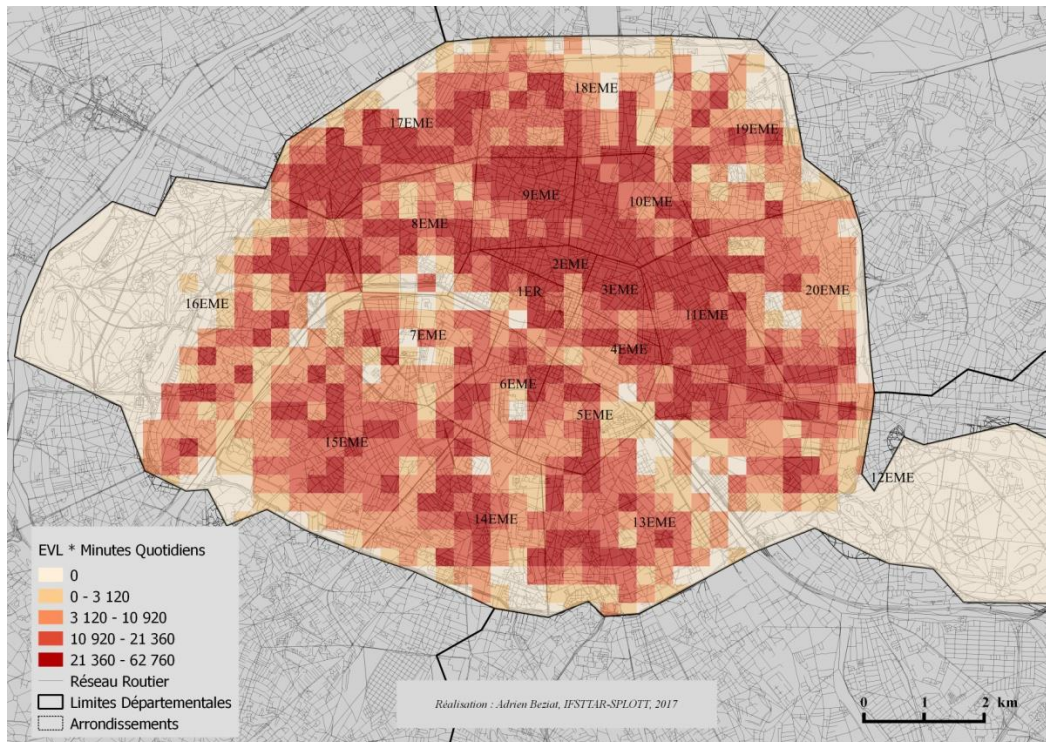


Figure 6.2.2 – Offre de stationnement en minutes d’Equivalent Véhicule Léger (EVL)
 (Source : *open data*, ville de Paris, calculs de l’auteur)

La Figure 6.2.2 montre la localisation de l’offre en stationnement à Paris avec le mode de représentation choisi pour cette analyse : un « grid » superposé à la ville de Paris décomposé en carreaux de 300 x 300 mètres. L’offre de stationnement est exprimée en minutes d’EVL par jour.

Comme le montre la carte, la majorité de l’offre de stationnement est localisée sur la rive droite parisienne, notamment dans les arrondissements centraux. Les exceptions sont les 1^{er}, 7^{ème} et 8^{ème} arrondissements. Au contraire, l’offre de stationnement est plus diffuse dans les arrondissements périphériques, à l’exception du Nord du 16^{ème} et du 17^{ème}.

Le Tableau 6.2.2 s’attarde sur ces résultats par carreaux, en distinguant les arrondissements centraux et les arrondissements périphériques. On note notamment que la majorité des carreaux vides sont situés dans les arrondissements périphériques. Ces derniers ont aussi une plus grande proportion d’offre de stationnement qui concerne les « grandes » aires de livraisons (> 10 m) pouvant accueillir des poids lourds.

On remarque aussi que l’offre en stationnement est supérieure entre 7h et 20h (la période où l’intégralité du parc de stationnement est dédiée aux livraisons) dans les arrondissements périphériques. Par contre, l’offre est sensiblement égale la nuit, entre 20h et 7h du matin (seule

les aires permanentes sont « actives »), ce qui semble montrer une proportion plus importante d'aires de livraisons permanentes dans les carreaux des arrondissements centraux.

		AdL - EVL	EVL Petits %EVL	EVL Grandes %EVL	EVL * MIN	EVL * MIN (7-20h)	EVL * MIN (20h-7h)
Arr. Centraux (12 carreaux vides)	Totaux	6 071	1 680 27,7%	4 391 72,3%	5 765 640	4 735 380	2 247 840
	Moy. Par Carr.	21,8	6,0	15,8	20 739,7	17 033,7	8 085,8
Arr. Périph. (360 carreaux vides)	Totaux	9 026	2 001 22,2%	7 025 77,8%	8 211 120	7 040 280	2 554 560
	Moy. Par Carr.	14,9	3,3	11,6	13 594,6	11 656,1	4 229,4
Paris (372 carreaux vides)	Totaux	15 097	3 681 24,4%	11 416 75,6%	13 976 760	11 775 660	4 802 400
	Moy. Par Carr.	17,1	4,2	12,9	15 846,7	13 351,1	5 444,9

Tableau 6.2.2 – Offre de stationnement en EVL et minutes d'EVL par carreaux

(Source : *open data*, ville de Paris, calculs de l'auteur)

En moyenne, les carreaux des arrondissements centraux sont mieux pourvus en offre de stationnement que ceux des arrondissements périphériques : environ 21 000 minutes d'EVL dans les carreaux du centre, contre environ 13,500 minutes d'EVL dans les carreaux des arrondissements périphériques.

6.3 Estimation de la demande d'aires de livraisons à Paris

6.3.1 Estimation de la demande totale dans le temps et dans l'espace

La première étape, pour une estimation de la demande d'aires de livraisons à Paris, est l'estimation du nombre total de mouvements générés par les établissements. La génération du nombre de mouvements est déjà présentée dans le chapitre 3 de cette thèse et ne sera donc pas détaillée à nouveau ici. Le nombre de mouvements M générés par établissement e dépend de sa taille (en effectif) t_e et d'une fonction de génération différente selon le type d'activité A^0 en ST45. Les différentes fonctions de génération sont présentées dans l'annexe 6. La somme des mouvements M d'un carreau z est donc :

$$M_z = \sum_{e=1}^N M_e(A_i^0, t_i) \quad (12)$$

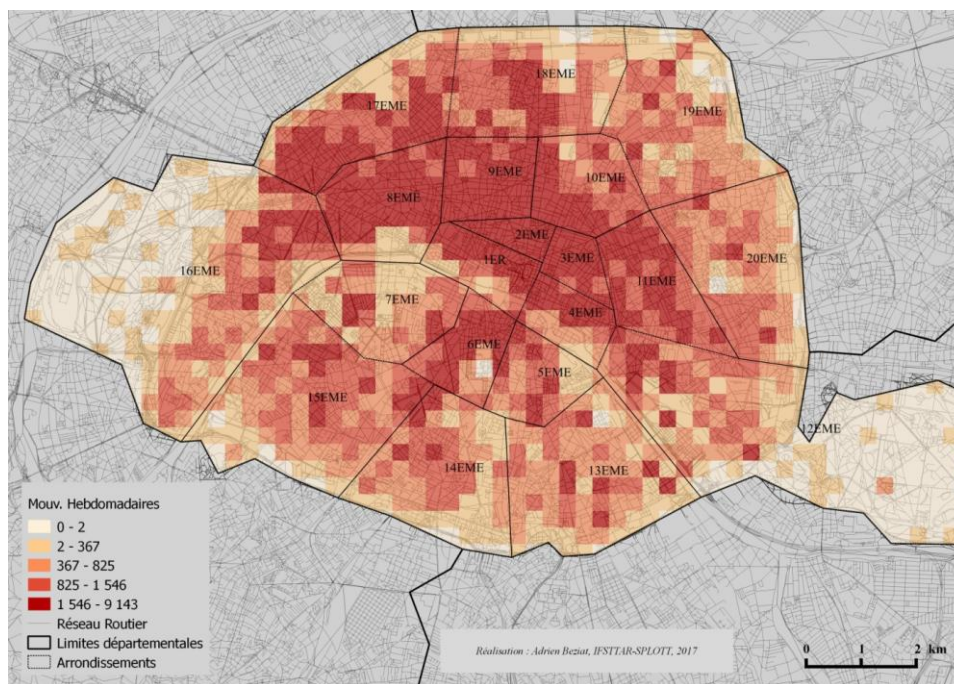


Figure 6.3.1 – Nombre de mouvements hebdomadaires générés à Paris
(Source : calculs de l’auteur)

La Figure 6.3.1 montre le nombre de mouvements hebdomadaires générés dans Paris par carreaux de 300 x 300 mètres. La localisation des mouvements reflète la géographie économique de la ville. Les grands centres économiques de la ville sont localisés sur la carte : rive droite, les quartiers de Châtelet, Rivoli, Sébastopol, des Grands Boulevards ; rive gauche, le quartier latin, Saint-Michel et Montparnasse. Ces espaces sont notamment caractérisés par des activités de loisirs, des commerces et des activités touristiques, ainsi que de nombreux services administratifs. On peut aussi mentionner le quartier d’affaire du Nord-Ouest de Paris, à cheval sur les 8^{ème}, 9^{ème}, 16^{ème} et 17^{ème} arrondissements, caractérisés par des activités de services tertiaires, mais aussi de nombreuses activités commerciales et touristiques.

		Mouv.	Agri % mouv	Serv % mouv	Indus % mouv	Gross % mouv	Distrib % mouv	Commerce % mouv	Bureaux % mouv	Entrep % mouv
Arr. Centraux (289 carreaux non vides)	Total	562 346	673 0,1%	94 492 16,8%	64 792 11,5%	56 703 10,1%	16 674 3,0%	171 048 30,4%	151 220 26,9%	6 743 1,2%
	Moy / carr.	1 945,8	2,3	327,0	224,2	196,2	57,7	591,9	523,3	23,3
	Carreaux Vides	1	107	3	12	19	71	6	2	140
Arr. Périph. (722 carreaux non vides)	Total	561 201	991 0,2%	106 656 19,0%	84 072 15,0%	41 646 7,4%	17 035 3,0%	151 054 26,9%	146 246 26,1%	13 501 2,41%
	Moy / carr.	777,3	1,4	147,7	116,4	57,7	23,6	209,2	202,6	18,7
	Carreaux Vides	242	635	266	338	376	547	305	294	720
Paris (1 011 carreaux non vides)	Total	1 123 547	1 664 0,2%	201 149 17,9%	148 864 13,3%	98 349 8,8%	33 709 3,0%	322 102 28,7%	297 465 26,5%	20 245 1,8%
	Moy / carr.	1 111,3	1,6	199,0	147,2	97,3	33,3	318,6	294,2	20,0
	Carreaux Vides	243	742	269	350	395	618	311	296	860

Tableau 6.3.1 – Mouvements hebdomadaires générés par carreau de la grille
(Source : calculs de l’auteur)

Le Tableau 6.3.1 montre la demande par carreaux en distinguant selon le type d'activité en ST8 et en séparant les arrondissements centraux des arrondissements périphériques. A Paris, la grande majorité des mouvements sont générés par trois types d'activités : les commerces, les bureaux et les services, qui représentent à eux trois quasiment les trois-quarts des mouvements parisiens. On note par ailleurs une proportion plus importante de petits commerces et de grossistes dans les arrondissements centraux. Au contraire, on remarque la proportion plus importante de services et d'industries dans les arrondissements périphériques.

On l'a vu, l'offre de stationnement n'est pas uniforme dans le temps. Selon l'heure de la journée, les aires de livraisons périodiques ne seront notamment pas toujours réservées aux véhicules de livraisons (notamment la nuit entre 20h et 7h). De la même manière, la demande n'est pas non plus uniformément répartie dans le temps. Elle se concentre sur certains jours de la semaine et sur certaines heures de la journée. Elle est généralement dictée par les jours et les horaires d'ouverture des établissements et par les exigences de ses clients, qui veulent souvent être livrés aux moments creux de leur activité, dans la mesure du possible.

La Figure 6.3.2 montre la répartition hebdomadaire des mouvements à Paris, selon les résultats de l'enquête TMV. Ceux-ci sont bien plus nombreux les jours de semaine que les jours de week-end (environ 5,5% des mouvements). Il y a assez peu de différences entre les différents jours de la semaine, avec une légère majorité des mouvements en milieu de semaines (mardi, mercredi, jeudi), et légèrement moins de mouvements le lundi et le vendredi.

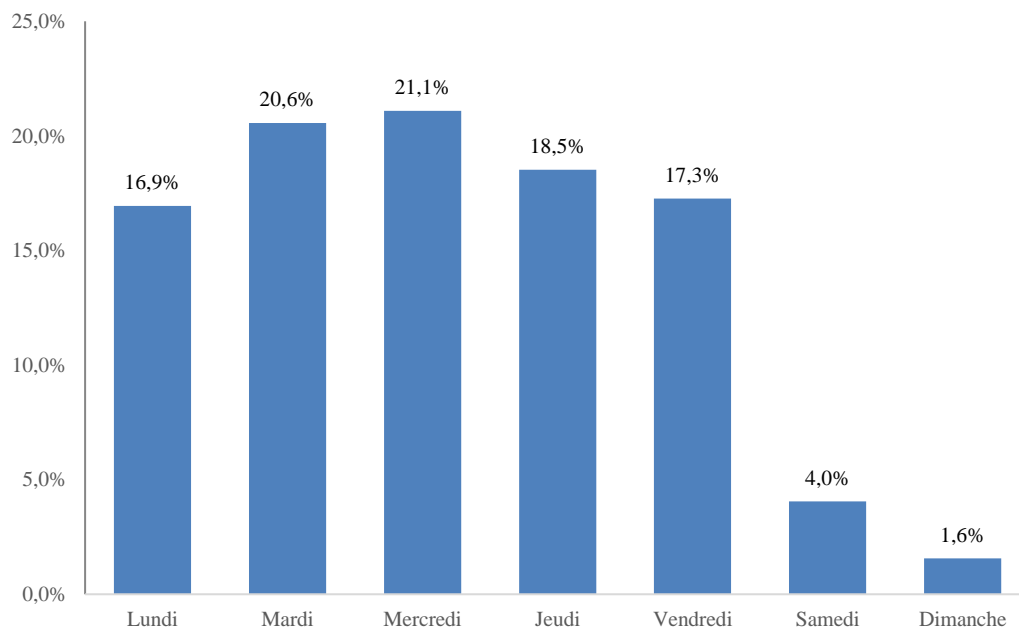


Figure 6.3.2 – Proportion des mouvements selon le jour de la semaine, à Paris (Source : ETMV, 2014, calculs de l'auteur)

Comme la temporalité des mouvements dépend des jours d'ouverture des établissements et des besoins de réapprovisionnement des clients, nous choisissons de modéliser le nombre de mouvements M d'une zone z un jour j en fonction du type d'activité A^1 en huit classes (ST8)⁶⁵. Le coefficient f_{j,A^1} correspond au pourcentage de mouvements ayant lieu le jour j pour la classe d'activité A^1 selon les résultats de l'enquête TMV.

$$M_{z,j,A^1} = \sum M_{z,A^1} \times f_{j,A^1} \quad (13)$$

Le Tableau 6.3.2 ci-dessous donne la répartition des mouvements de marchandises pour différents jours de la semaine à Paris. La répartition est très légèrement différente que ce qu'elle est dans l'enquête TMV sur lesquels s'appuie cette modélisation, puisque le fichier Altarès auquel sont appliqués ces coefficients est un peu différent du fichier Sirene à partir duquel les résultats de l'enquête sont redressés (voir chapitre 2). Le nombre de mouvements moyens généré par un « carreau » de la grille oscille entre 16,7 pour le dimanche et 235,6 pour le mercredi. Il s'agit d'une moyenne, la valeur pouvant être plus importante dans les zones plus fortement génératrices.

	Mouvements % des mouv.	Mouv. / Carreaux
Total	1 123 547	1 111,3
Lundi	189 879	187,8
% Mouv	16,9%	
Mardi	230 327	227,8
% Mouv	20,5%	
Mercredi	238 192	235,6
% Mouv	21,2%	
Jeudi	208 980	206,7
% Mouv	18,6%	
Vendredi	193 250	191,1
% Mouv	17,2%	
Samedi	46 065	45,6
% Mouv	4,1%	
Dimanche	16 853	16,7
% Mouv	1,5%	

Tableau 6.3.2 – Mouvements générés selon les jours de la semaine
(Source : calculs de l'auteur)

Ensuite, le nombre de mouvements ne se distribue pas uniformément au cours d'une journée, comme illustré par la Figure 6.3.3. Pour le transport de passagers en Ile-de-France, les jours de semaine, il y a généralement deux périodes de pointe qui correspondent aux déplacements domicile-travail (IAURIF, 2013). Une première période entre 6 et 8 heures (voire 9h), et une

⁶⁵ Une stratification des activités plus agrégée (en huit classes) est choisie pour garder un échantillon d'opération suffisant par classe d'activité. En raison du taux de non-réponse important pour les jours de la semaine et les heures de la journée, une classification des établissements générant les mouvements en 45 classes d'activité ne permettrait pas d'avoir un échantillon suffisant pour chaque classe d'activité.

deuxième entre 16 et 18 heures (voire 19h). D’après les résultats de l’Enquête Globale Transport (EGT), les deux pics sont assez semblables en quantité : 15% du trafic pour la période de pointe du matin, entre 19 et 20% pour la période de l’après-midi.

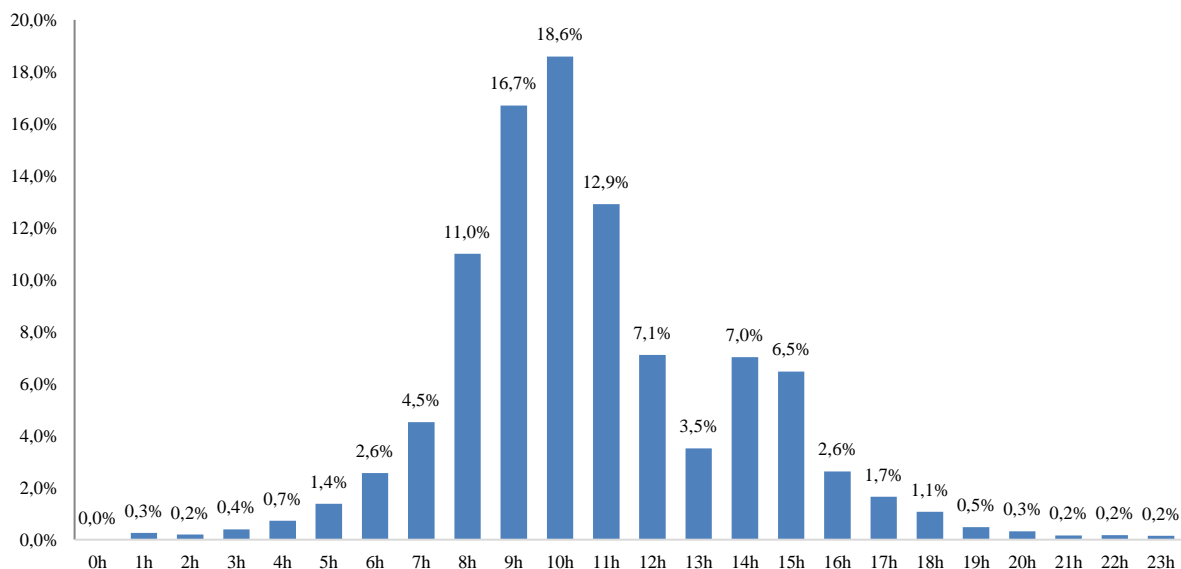


Figure 6.3.3 – Proportion des mouvements selon l’heure de la journée, à Paris (Source : ETMV, 2014, calculs de l’auteur)

Les heures de pointe pour le transport de marchandises sont différentes. D’abord, les périodes de pointe sont décalées par rapport à celles des passagers. La période de pointe du matin est plus tardive, de 9 à 11 heures, tandis que la période de pointe de l’après-midi a lieu plus tôt que celle des passagers, entre 14 et 16 heures. Par ailleurs, la période de pointe du matin est plus importante (presque 35% des mouvements) et plus étalée (on pourrait l’étendre à une période entre 8 et 12 heures, qui regrouperait presque 60% des mouvements de la journée) que celle de l’après-midi (13,5% entre 14 et 16 heures).

Encore une fois, le nombre de mouvements par tranche horaire est fonction des exigences d’horaires de livraisons des destinataires (beaucoup préfèrent être livrés le matin), et de leurs horaires d’ouverture. Le nombre de mouvements M d’une zone z , un jour j à une heure h dépend donc également du type d’activité en ST8 (huit classes) A^1 . Le coefficient f_{h,A^1} correspond au pourcentage de mouvements ayant lieu à la tranche horaire h pour la classe d’activité A^1 selon les résultats de l’enquête TMV.

$$M_{z,j,A^1,h} = \sum M_{z,j,A^1} \times f_{h,A^1} \quad (14)$$

Ainsi, pour un vendredi « moyen », le Tableau 6.3.3 montre la répartition horaire des mouvements de marchandises générés.

	Mouvements % des mouv.	Mouv. / Carreaux
Vendredi ⁶⁶	193 250	191,1
0h à 7h (HC)	9 276	9,1
% Mouv.	4,8%	
7h à 9h	28 408	28,1
% Mouv.	14,7%	
9h à 11h (HPM)	68 604	67,8
% Mouv.	35,5%	
11h à 13h	40 196	39,8
% Mouv.	20,8%	
13h à 14h (HC)	6 764	6,7
% Mouv.	3,5%	
14h à 16h (HPA)	27 442	27,1
% Mouv.	14,2%	
16h à 18h (HC)	7 923	7,8
% Mouv.	4,1%	
18h – 23h (HC)	4 445	4,4
% Mouv.	2,3%	

HC = Heures Creuses ; HPM = Heures de pointe du matin ; HPA = Heures de pointe de l'après-midi

Tableau 6.3.3 – Mouvements générés selon les tranches horaires d'un vendredi moyen

(Source : calculs de l'auteur)

6.3.2 Caractérisation des mouvements et transformation en « Equivalents Véhicules Légers »

Après avoir généré les mouvements de marchandises pour différentes périodes de la semaine et de la journée, nous procédons à la deuxième étape, qui est la caractérisation des mouvements selon le type de véhicule (en quatre classes : 2-3 roues, VUL, Porteurs, Articulés). De la même manière que le nombre de mouvements, la caractérisation par le type de véhicule a été présentée dans le chapitre 3 de cette thèse.

Elle dépend essentiellement du type d'activité et de la taille de l'établissement, résumé par la stratification A^2 des établissements (en ST20, annexe 7).⁶⁷ On estime le nombre de mouvements M d'une zone z à une période p (jour et heure de la semaine), pour un type de véhicule v , pour un type d'activité A^2 , par le biais de la proportion f_{v,A^2} de véhicule par classe d'activité, calculé via l'enquête TMV :

$$M_{z,p,v,A^2} = \sum M_{z,p,A^2} \times f_{v,A^2} \quad (15)$$

⁶⁶ Le vendredi est choisi en raison de son importance dans la semaine : c'est le jour de demande médian, ni le « jour de pointe », ni le jour où la demande est la plus basse.

⁶⁷ Cette stratification est issue de nos travaux exploratoires des données de l'ETMV (voir chapitre 3) : le type d'activité et la taille de l'établissement, résumés par le ST20, permettent d'expliquer la proportion des différents types de véhicules.

		Mouv.	2-3 roues % mouv	VUL % mouv	Porteur % mouv	Articulé % mouv
Arr. Centraux	Total	562 346	26 378 4,7%	351 935 62,6%	151 992 27,0%	32 040 5,7%
	Moy / carr.	1 945,8	91,3	1 217,8	525,9	110,9
Arr. Périph.	Total	561 201	27 434 4,9%	361 888 64,5%	141 078 25,1%	30 801 5,5%
	Moy / carr.	777,3	38,0	501,2	195,4	42,7
Paris	Total	1 123 547	53 813 4,8%	713 823 63,5%	293 070 26,1%	62 842 5,6%
	Moy / carr.	1 111,3	53,2	706,1	289,9	62,2
Ile-de-France	Total	4 257 199	187 703 4,4%	2 395 115 56,3%	1 332 057 31,3%	342 324 8,0%

Tableau 6.3.4 – Mouvements hebdomadaires générés par carreau de la grille selon le type de véhicules (Source : calculs de l’auteur)

Le Tableau 6.3.4 montre le nombre de mouvements hebdomadaires par zone, selon les types de véhicules utilisés.⁶⁸ Il montre d’abord une certaine spécificité des activités parisiennes par rapport à l’Ile-de-France, puisque l’on constate qu’elles ont d’avantage recours aux petits véhicules (63,5% de VUL contre 56,3% pour l’Ile-de-France), et donc moins recours aux poids lourds. Notons qu’on compte plus de mouvements en poids lourds dans les arrondissements centraux, par rapport aux arrondissements périphériques, même si la différence reste minime.

Une fois la demande totale caractérisée pour la ville de Paris, nous proposons de distinguer plusieurs formes de demande. Si nous pouvons estimer le volume total de mouvements pour une zone, nous savons aussi que tous ces mouvements ne sont pas nécessairement demandeurs d’espaces de livraisons. Le chapitre 5 montre en effet que les modalités de stationnement pour les véhicules du TMV sont nombreuses.

Dans le cadre de ce chapitre 6, nous estimons qu’une certaine portion de la demande doit être considérée comme profitant déjà d’une forme ou une autre d’offre alternative de stationnement. Par conséquent, cette portion des mouvements est exclue de la demande d’aires de livraisons. Cette offre de stationnement alternative peut être privée, ou public (place de stationnement « traditionnelle » accessible à tous les véhicules).

Au contraire, la part du stationnement qui correspond à la demande d’aires de livraisons concerne d’une part le stationnement sur aires de livraisons, et d’autre part tout le stationnement gênant, sur ou hors voirie. Le Tableau 6.3.5 ci-dessous répartit les modalités de la variable stationnement de l’ETMV en fonction de la demande d’aires de livraisons.

⁶⁸ Ce nombre de mouvements peut être décomposé par heures de la journée et jour de la semaine (période p), comme dans l’analyse qui suit. Pour simplifier la présentation, nous proposons des chiffres hebdomadaires dans les Tableaux qui suivent.

Modalités de l'ETMV	Demande d'Aires de Livraisons
Enceinte de l'Etablissement	Non
Stationnement Gratuit	Non
Stationnement Payant	Non
Emplacement Réservé aux Livraisons	Oui
Sur le Trottoir	Oui
Stationnement Interdit par Panneau ou Marquage	Oui
Sur Couloir et Arrêt de Bus ou Piste Cyclable	Oui
Double-File	Oui

Tableau 6.3.5 – Discrétisation de la variable du choix de stationnement dans l'ETMV selon la demande d'aires de livraisons (Source : auteur)

La Figure 6.3.4 ci-dessous montre la répartition des types de stationnement dans la ville de Paris. Elle montre des résultats qui ont déjà été présentés sous diverses formes dans le chapitre 5, en se focalisant cette fois ci sur la question des aires de livraisons. Elle montre notamment que la proportion de mouvements nécessitant une offre de stationnement alternative est très importante à Paris, notamment pour les grands véhicules (porteurs et articulés), et pour les 2-3 roues (probablement parce qu'il s'agit de livraisons très courtes, le lien entre la durée et le mode de stationnement ayant été établi dans le chapitre 5).

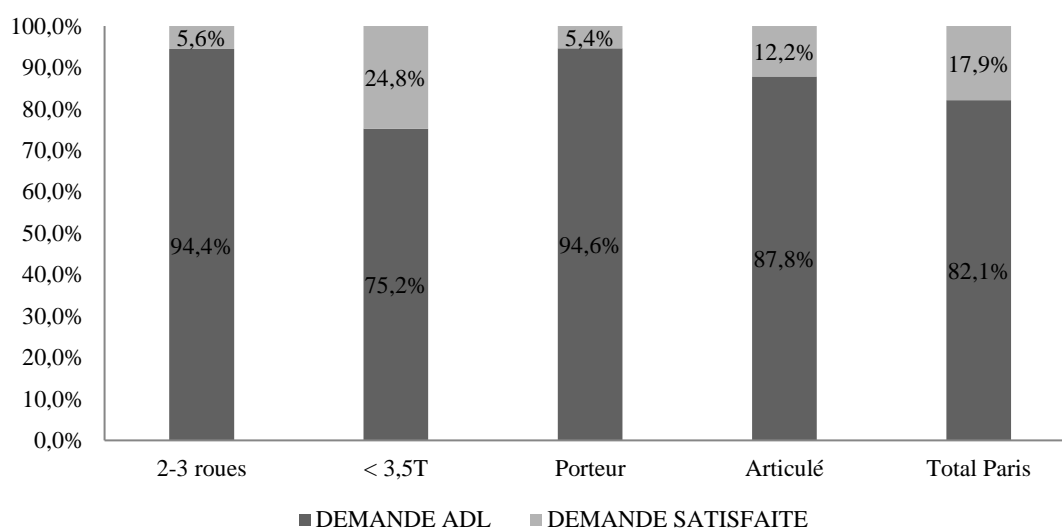


Figure 6.3.4 – Proportion des mouvements selon la demande d'aires de livraisons ou non, par type de véhicules, à Paris (Source : ETMV, 2014, calculs de l'auteur)

Nous proposons ici un modèle « agrégé » de stationnement, basé sur les observations empiriques de l'ETMV établissement. Le nombre de mouvements nécessitant une aire de livraison M^{AdL} d'une zone z à une période p dépend de la proportion $f_{v,A^1,AdL}$ de mouvements nécessitant une aire de livraisons AdL selon le type d'activité A^1 et du type de véhicule v , tel que :

$$M_{z,p,v,A^1}^{AdL} = \sum M_{z,p,v,A^1} \times f_{v,A^1,AdL} \quad (16)$$

Puisque que les mouvements sont caractérisés par le type de véhicule, on peut calculer la demande en termes d'EVL. A cela, il faut ajouter une durée par mouvements, pour estimer la demande de minutes d'EVL, pour travailler avec la même unité d'analyse que l'offre en stationnement.

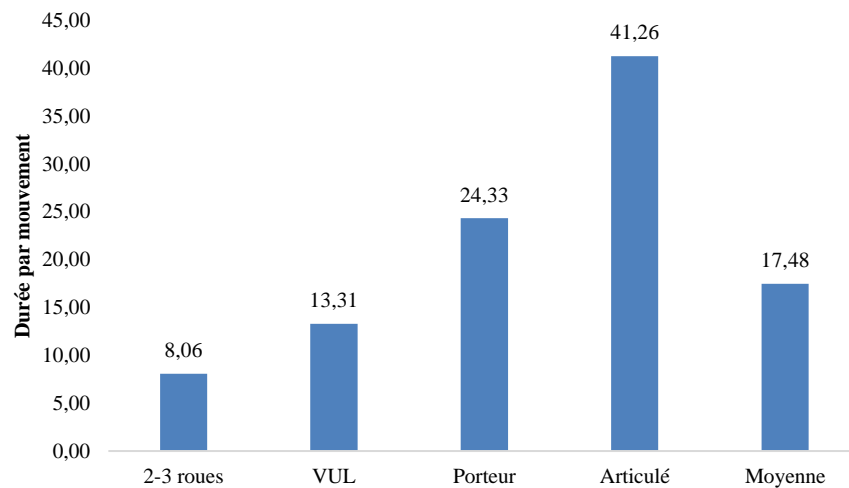


Figure 6.3.5 – Durée moyenne des mouvements en fonction du type de véhicules à Paris (Source : ETMV, 2014, calculs de l'auteur)

Comme on l'a vu dans le chapitre 5, la durée du mouvement est fonction de la quantité de marchandises livrée et enlevée. Pour représenter cette quantité de marchandises, nous choisissons deux variables pertinentes : le type d'activité en ST8 et le type de véhicule. La durée totale de stationnement DT^{AdL} pour les mouvements nécessitant une aire de livraisons M^{AdL} d'une zone z , pendant une période p , un type d'activité A^1 (en ST8) et un type de véhicule v , correspond à la somme de ces mouvements multipliée par la durée moyenne dm par mouvement de cette combinaison d'activité et de véhicule, tel que :

$$DT_{z,p,v,A^1}^{AdL} = \sum M_{z,p,A^1,v}^{AdL} \times dm_{A^1,v} \quad (17)$$

Le Tableau 6.3.6 exprime la demande hebdomadaire de mouvements utilisant les exploitations de l'enquête TMV telles que décrites ci-dessus. Elles permettent de reconstituer la demande en EVL (1 VUL = 1 EVL ; 1 PL = 2 EVL), et en minutes d'occupation de la voirie par les EVL. Ce mode de calcul alourdit considérablement la part des poids lourds dans la demande totale. Non seulement ils comptent comme le double des petits véhicules légers en termes d'EVL, mais ils ont aussi les durées de mouvements les plus longues (Figure 6.3.5). En termes de minutes d'EVL, leur poids est donc bien plus important.

		Mouv.	Mouv. VL	Mouv. PL	Mouv. EVL	EVL * MIN
Arr. Centraux	Total	562 346	378 313	184 033	746 378	13 564 369
	Moy / carr.	1 945,8	1 309,0	636,8	2 582,6	46 935,5
Arr. Périph.	Total Mouv.	561 201	389 322	171 879	733 080	13 214 147
	Moy / carr.	777,3	539,2	238,1	1 015,3	18 302,1
Paris	Total Mouv.	1 123 547	767 636	355 911	1 479 458	26 778 516
	Moy / carr.	1 111,3	759,3	352,0	1 463,4	26 487,2

Tableau 6.3.6 – Mouvements hebdomadaires selon le type de véhicule, et conversion en EVL et en minutes d'EVL (Source : calculs de l'auteur)

A ce stade, nous avons estimé la demande totale d'espace de stationnement pour les véhicules du TMV, en pondérant le nombre de mouvements par la taille des véhicules et par la durée d'occupation de la voirie. Ces éléments nous ont permis de créer un indicateur synthétique : le nombre de minutes par EVL passées à occuper l'espace par semaine à Paris.

Le Tableau 6.3.7 ci-dessous résume les résultats en les distinguant d'une part entre les arrondissements périphériques et les arrondissements centraux, d'autre part en donnant la moyenne par carreau. On constate dans ce tableau que la demande est légèrement plus faible que celle exprimée dans le Tableau 6.3.3, puisqu'on lui a retranché la demande qu'on estimait déjà « satisfaite » par des offres de stationnement alternative.

		VL * MN	PL (EVL) * MN	EVL*MIN disposant d'une offre en stat. % de Min * EVL tot.	EVL * MN
Arr. Centraux	Total	3 595 979	8 386 277	1 582 113 11,7%	11 982 256
	Moy / carr.	12 442,8	29 018,3	5 474,4	41 461,1
Arr. Périph.	Total	3 707 858	7 920 524	1 585 765 12,0%	11 628 382
	Moy / carr.	5 135,5	10 970,3	2 196,3	16 105,8
Paris	Total	7 303 837	16 306 801	3 167 878 11,8%	23 610 638
	Moy / carr.	7 224,4	16 129,4	3 133,5	23 353,7

Tableau 6.3.7 – EVL et minutes d'EVL nécessitant une aire de livraisons selon le type de véhicule (Source : calculs de l'auteur)

A titre d'exemple, alors qu'on estimait la demande en minutes d'EVL à Paris à environ 26 500 par carreau, elle n'est plus que de 23 500 en retranchant la demande déjà « satisfaite » par d'autres moyens. La proportion de demande satisfaite par des modes de stationnement alternatifs n'est pas très différente entre le centre et la périphérie de Paris (11,7% et 12%).

6.4 Comparaison de l'offre et de la demande en aires de livraisons à Paris

Comme on l'a vu, il existe 8 819 aires de livraisons à Paris. Chacune peut accueillir un certain nombre de véhicules (comptés en EVL) pendant 780 minutes (pour les temporaires) ou 1 440 minutes (pour les permanentes) par jour. En prenant en compte à la fois la longueur et le temps de disponibilité de chaque aire de livraison, on peut calculer un stock total d'offre en stationnement exprimé en minutes d'EVL.

Le Tableau 6.4.1 montre que ce stock d'offre en stationnement est très important pour la ville de Paris. On peut d'ailleurs le calculer pour plusieurs périodes. Ci-dessous, les périodes envisagées sont : toute la journée (période de 24h) ; la nuit, entre 20h et 7h, lorsque seules les aires de livraisons permanentes restent disponibles (période de 11h) ; le jour entre 7h et 20h, lorsque toutes les aires de livraisons sont disponibles pour les aires de livraisons (période de 13h) ; la période de pointe de demande de marchandises entre 8h et 12h (période de 4h) ; l'heure de pointe de la demande de marchandises entre 10h et 11h (période d'1h).

Evidemment, plus la période est courte, plus le nombre de minutes d'EVL disponibles baisse. Au contraire, lorsqu'on resserre la demande sur les heures de pointe, le nombre de mouvements par heure augmente. C'est pour cela que si l'on prend toute la journée (24h), l'offre en stationnement représente presque 350% de la demande, alors qu'elle ne représente plus « que » 120% de la demande en heure de pointe. On remarque également que la nuit, l'offre représente près de 20 fois la demande totale dans Paris. La période la plus problématique est donc logiquement l'heure de pointe, qui concentre les pics de demande de livraisons.

	Offre de stationnement EVL * MN	Demande de stationnement EVL * MN	Ratio offre demande	Offre de stationnement PL en EVL * MN	Demande de stationnement PL en EVL * MN	Ratio offre demande
Journée (Vendredi - 24h)	13 976 760	4 051 845	3,45	10 665 360	2 801 032	3,8
Nuit (20h à 7h)	4 802 400	240 182	20,0	3 841 920	169 656	2,3
Jour (7h à 20h)	11 775 660	3 811 663	3,1	8 904 480	2 631 376	3,4
Période de pointe étendue du matin (8h à 12h)	3 623 280	1 488 188	2,4	2 739 840	744 094	3,7
Heure de pointe matin (10h à 11h)	905 820	760 281	1,2	684 960	525 140	1,3

Tableau 6.4.1 – Comparaison de l'offre et de la demande de stationnement à Paris selon différentes périodes de la journée (Source : calculs de l'auteur)

Il convient de ne pas se concentrer uniquement sur cette comparaison globale entre l'offre et la demande pour Paris, qui présente certes de nombreux atouts, mais également de prendre en compte la répartition spatiale de la demande. En effet, la concentration de la demande n'est pas uniforme dans l'espace. La Figure 6.4.1 ci-dessus permet de le démontrer pour l'ensemble de la journée (période de 24h) à Paris. Même en prenant en compte l'intégralité du stock de minutes

d'EVL pour la journée, la demande est trop importante dans certains quartiers, notamment dans le 8^{ème} arrondissement, la limite entre le 12^{ème} et le 13^{ème} arrondissement, et le Nord du 18^{ème} arrondissement. Au total, environ 12% des carreaux de la grille couvrant la ville de Paris souffrent d'un déficit « structurel » en offre de stationnement, en prenant en compte l'intégralité de la journée.⁶⁹

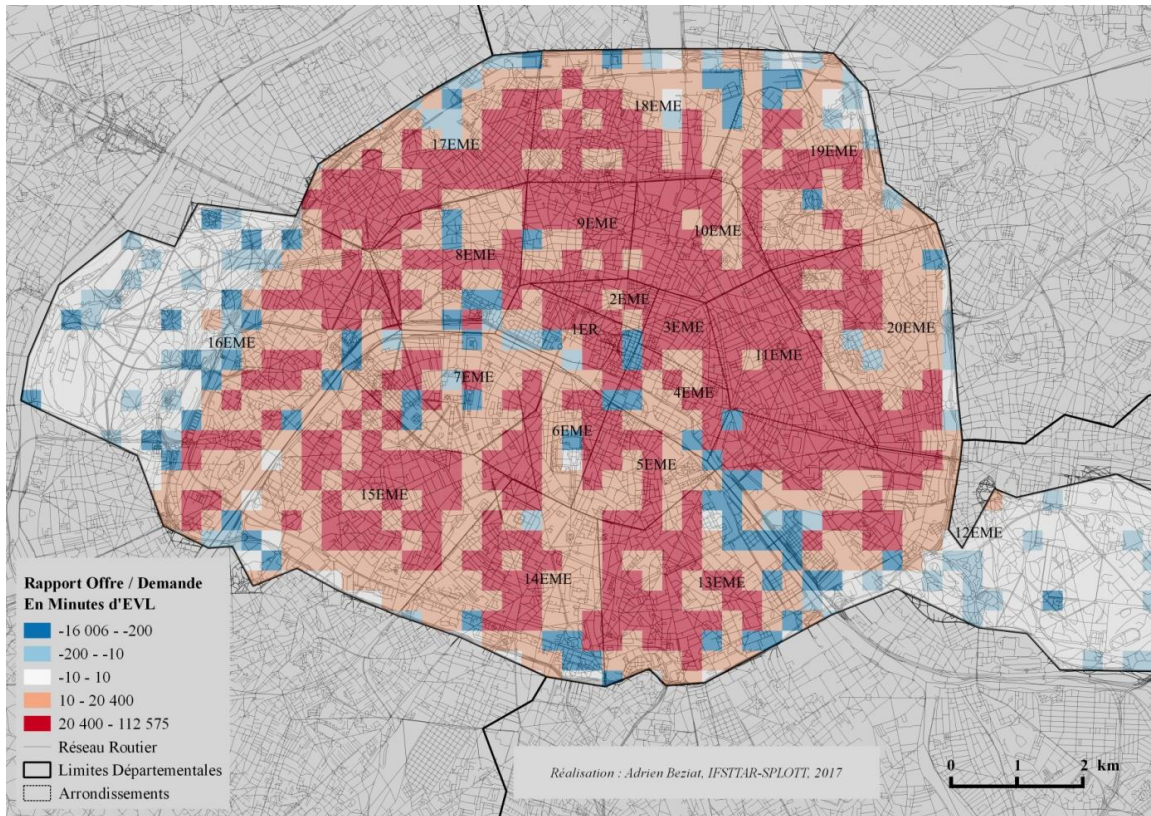


Figure 6.4.1 – Comparaison spatiale de la demande et de l'offre de stationnement en minutes d'EVL à Paris pendant toute une journée (auteur)

La Figure 6.4.2 souligne que les problèmes principaux d'offre et de demande de stationnement se manifestent pendant les heures de pointe de la demande. La comparaison avec la Figure précédente (Figure 6.4.1) le démontre : la « tâche » bleue du déficit d'offre s'étend de quelques points à tout le 8^{ème} arrondissement, ainsi qu'une partie du 1^{er} et du 9^{ème}. Les déficits sont aussi plus importants sur la rive gauche, dans le quartier latin et autour de Montparnasse. Cette fois-ci, environ 17% des carreaux de la grille couvrant la ville de Paris présentent un déficit en offre de stationnement.

⁶⁹ Mais sans, encore une fois, prendre en compte la disponibilité effective des aires de livraisons et le fait que certaines peuvent être utilisées par d'autres véhicules que des véhicules de livraisons.

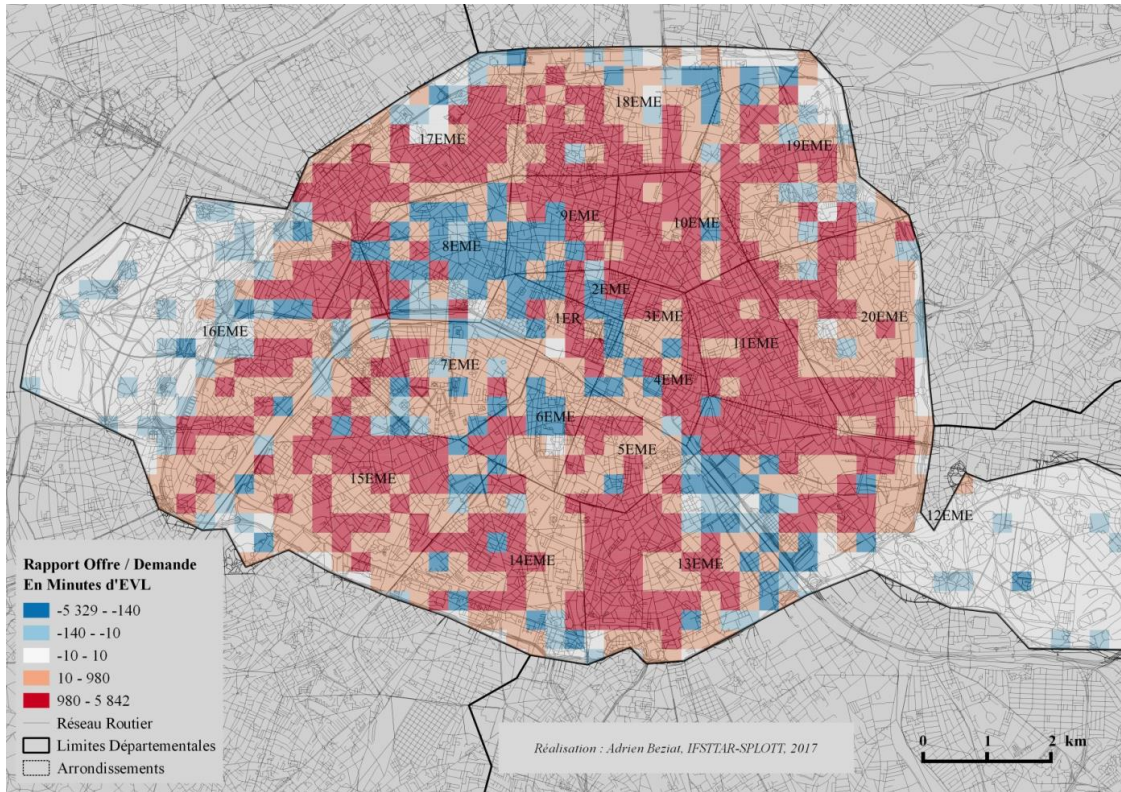


Figure 6.4.2 – Comparaison spatiale de la demande et de l’offre de stationnement en minutes d’EVL à Paris pendant l’heure de pointe (auteur)

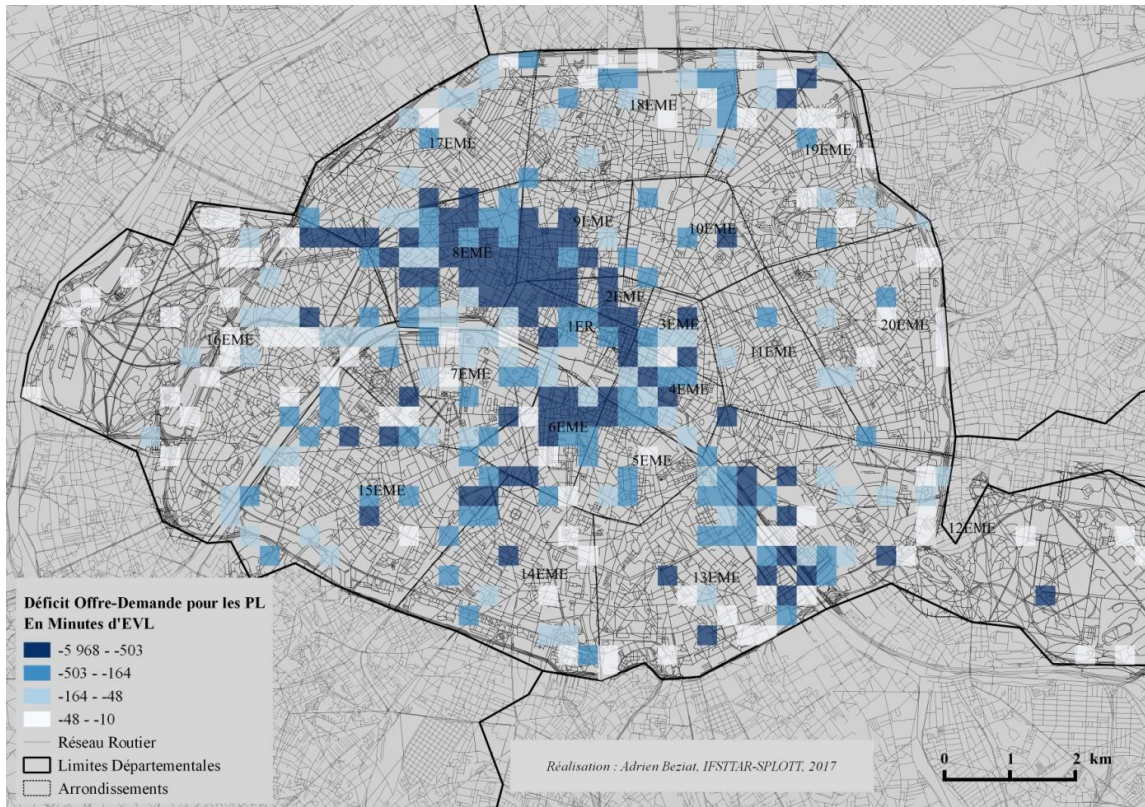


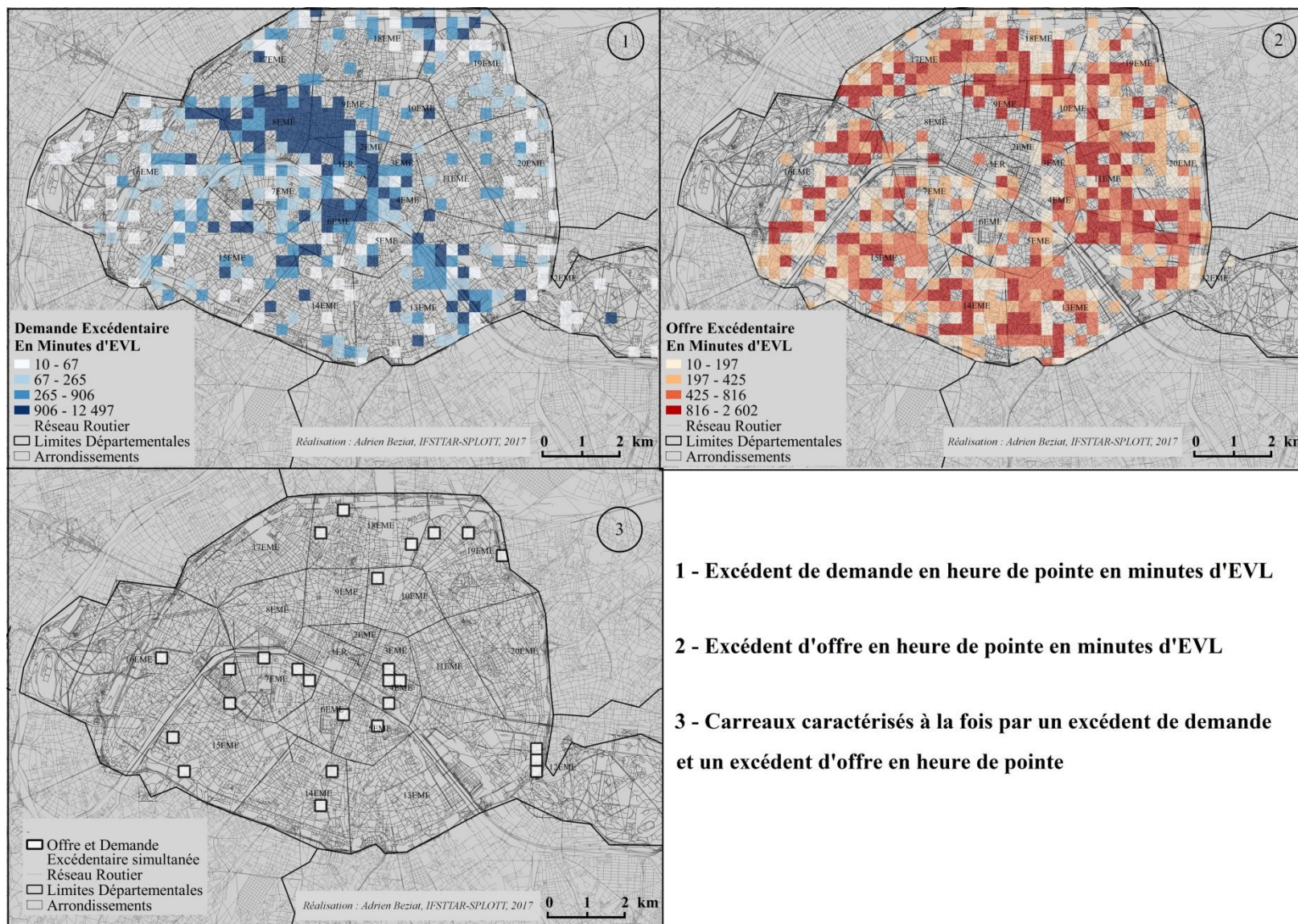
Figure 6.4.3 – Déficit d’offre en stationnement pour les poids lourds dans les carreaux de la grille qui souffrent d’un déficit à l’heure de pointe à Paris (auteur)

Si la comparaison entre le nombre de minutes d'EVL de l'offre et de la demande de stationnement est intéressante, elle est simplificatrice. Nous prenons en compte, comme on l'a vu dans les sections précédentes, le fait que les poids lourds n'ont en réalité pas accès aux « petites » aires de livraisons (voir Tableaux 6.2.1 et 6.2.2). La Figure 6.4.3 ci-dessous montre les zones qui souffrent d'un déficit d'offre pour les poids lourds (à l'heure de pointe), qui ne peuvent stationner que sur les « grandes » aires de livraisons, ce qui tronque l'offre de stationnement à laquelle ils ont accès. Géographiquement, les lieux de déficits sont à peu près les mêmes que ceux représentés par la Figure 6.4.2 : environ 25% des carreaux de la grille sont concernés par un déficit d'offre en stationnement pour les poids lourds.

Par ailleurs, certains carreaux peuvent avoir une offre déficitaire pour les poids lourds, mais tout de même excédentaire pour les VUL. Nous proposons, par la Figure 6.4.4, de synthétiser ces différentes informations : les carreaux au sein desquels des minutes d'EVL ne trouvent pas d'offre de stationnement (carte 1) ; les carreaux excédentaires en offre de stationnement, au sein desquels des minutes d'EVL sont encore disponibles (carte 2) ; les carreaux qui connaissent à la fois une demande et une offre excédentaire (des poids lourds qui ne trouvent pas de place, alors qu'il reste de la place pour des véhicules légers) (carte 3).

La Figure 6.4.4 fait donc la synthèse de nos résultats, à travers la représentation de l'excédent en demande, d'abord, qui se manifeste principalement dans le centre de Paris : le quartier d'affaire du 8^{ème} et du 9^{ème} arrondissement, ainsi que dans les quartiers commerciaux et touristiques du 1^{er} arrondissement (Châtelet – Rivoli) et du 6^{ème} arrondissement (quartier Latin, jusqu'au Nord du quartier Montparnasse). Au total, plus 329 000 minutes d'EVL ne trouvent pas d'offre de stationnement correspondante en heure de pointe, ce qui correspond à environ la moitié de la demande, et à environ 16 000 mouvements d'EVL de durée moyenne (16 000 VUL ou 8 000 poids lourds). Environ un tiers des carreaux de la grille manifestent une offre en stationnement insuffisante étant donnée la demande en heure de pointe.

Au contraire, les excédents d'offre de stationnement se manifestent plutôt dans les arrondissements périphériques, où la densité de la demande est moindre (voir Tableau 6.3.3), en particulier le 17^{ème}, 13^{ème}, 12^{ème}, et Nord du 16^{ème}. Au total, on peut estimer qu'environ 329 000 minutes d'EVL sont inutilisées, soit parce que cette offre est distribuée dans des lieux où la demande ne la justifie pas, soit parce que les minutes d'EVL concernent des petites aires de livraisons qui ne peuvent pas accommoder la demande des poids lourds. Cet excédent d'offre représente environ 36% de l'offre total en stationnement. Il représente également environ 22 000 mouvements de durée moyenne. 48% des carreaux de la grille présentent un excédent d'offre en stationnement en heure de pointe.



1 - Excédent de demande en heure de pointe en minutes d'EVL

2 - Excédent d'offre en heure de pointe en minutes d'EVL

3 - Carreaux caractérisés à la fois par un excédent de demande et un excédent d'offre en heure de pointe

Figure 6.4.4 – Synthèse des excédents de demande et d'offre à Paris en heure de pointe, en minutes d'EVL (auteur)

Enfin, la conjoncture d'une demande et d'une offre excédentaire est relativement rare, puisqu'elle ne concerne que 2% des carreaux de la grille, en heure de pointe. Ces carreaux sont dispersés sur le territoire parisien. Il y en a autant dans les arrondissements centraux que dans les arrondissements périphériques.

Conclusion

Notre analyse permet de comparer l'offre et la demande de stationnement dans Paris à différentes heures d'un jour moyen de la semaine, en étudiant la distribution spatiale de cet équilibre. Nos résultats montrent qu'à certaines périodes de la journée, dans certaines zones de Paris, on observe un déficit d'offre de stationnement qui peut être assez conséquent. Au total, quasiment la moitié de la demande de stationnement (en minutes d'EVL) en heure de pointe ne trouve pas d'offre en aires de livraisons. Pour les municipalités, l'autre facette du problème, est l'excédent d'offre de stationnement. L'espace dans les centres-villes est rare : réserver de la place pour des espaces sous-utilisés est particulièrement problématique.

En réalité, ce déficit est probablement sous-estimé. Comme nous l'avons vu, notre modèle a tendance à sous-estimer l'offre : notre unité spatiale d'analyse est large et agrège une demande avec une offre assez lointaine l'une de l'autre, le découpage en tranches horaires ne permet pas de prendre en compte les arrivées simultanées de véhicules, et nous ne prenons pas en compte le fait que les aires de livraisons peuvent être occupées (illégalement ou légalement) par d'autres utilisateurs. Par ailleurs, nous sous-estimons probablement la demande de stationnement, en ne prenant pas en compte les livraisons à domicile. Enfin, notre analyse s'appuie sur un jour « médian » de la demande (le vendredi). Nous ne prenons pas en compte le jour où la demande est la plus importante (le mercredi), ni les variations saisonnières qui impactent probablement ces résultats dans les périodes de pointe. Malgré cela, nous observons quand même une déficience de l'offre.

Dès lors, quelles sont les implications de ces observations en matière de politiques publiques ? D'abord, le constat de l'inadéquation de l'offre et de la demande amène à poser la question de la pertinence d'une offre supplémentaire d'aires de livraisons. En effet, cette offre supplémentaire pourrait apparaître pertinente dans certaines zones de la ville, où l'offre est insuffisante toute la journée. Toutefois, l'espace au sein des villes est une ressource rare : la prise en compte de la demande horaire « enveloppe » (c'est-à-dire la demande horaire maximale) est-elle réaliste, ou même souhaitable ? Des espaces réservés supplémentaires permettraient certainement, dans un premier temps, de répondre à la demande horaire

maximale. Cependant, le reste du temps, ces espaces de livraisons seraient peu ou pas du tout utilisés, et diminueraient, de fait, l'espace disponible pour les autres utilisateurs de la voirie.

De plus, comme nous avons pu le constater dans le chapitre 5, les comportements des chauffeurs-livreurs ne dépendent pas uniquement de l'existence de cette infrastructure de stationnement. A moins de mettre une aire de livraison à moins de 10 mètres de chaque générateur de fret, il serait difficile de faire utiliser ces aires de livraisons par la majorité des chauffeurs-livreurs. La réponse à ce problème ne peut donc pas n'être qu'une politique de l'offre. Une telle politique devrait nécessairement être conjuguée avec un contrôle de l'utilisation des aires de livraisons (pour éviter l'occupation illégale) et avec de nouvelles réglementations plus flexibles au niveau des horaires où les places sont réservées au fret (pour éviter que les espaces ne soient sous-utilisés hors périodes de pointe).

Par ailleurs, une politique de l'offre est-elle nécessairement la seule solution ? On observe l'émergence dans la littérature sur le TMV, depuis quelques années, de la question du management de la demande du fret (Holguín-Veras & Sanchez-Diaz, 2016; Holguin-Veras, et al., 2010; Allen & Browne, 2010) : l'optimisation des opérations logistiques par une consolidation ou une meilleure répartition de la demande de fret. Un bon exemple du management de la demande de fret concerne les livraisons en horaires décalés (Holguin-Veras, et al., 2011a).

Gradrat et Sérouge (2016), dans leur analyse de Bordeaux et Lyon, ont déjà montré qu'en décalant une portion des mouvements hors des périodes de pointe, la correspondance entre l'offre et la demande de stationnement en aires de livraison est bien meilleure. Nos résultats montrent aussi cela : si l'on prend le stock total d'aires de livraisons pour une journée de 24h, l'offre est suffisante pour la demande quasiment partout. Ce n'est que lorsque l'on se resserre sur la période de pointe que l'espace n'est plus suffisant dans certaines zones. Un « lissage » de la demande sur toute la journée permettrait alors une meilleure correspondance entre l'offre et la demande. La politique d'offre en infrastructure n'est donc pas la seule possible pour arriver à une meilleure correspondance de l'offre et de la demande de stationnement pour le fret en centre-ville.

La gestion des centres-villes est en tout cas complexe : la demande pour les marchandises est forte et répartie de manière inégale entre des espaces très fortement générateurs et d'autres qui le sont moins. L'espace public est rare et doit déjà répondre par ailleurs à d'autres besoins, tandis que les usages de cet espace sont extrêmement variés et relativement peu conciliables. Ces autres variables prises en compte, l'éradication des problèmes de stationnement en double-file ne semble pour l'heure peu probable.

Une solution comme une autre, après tout, serait donc d'envisager cette inadéquation de l'offre et de la demande de stationnement comme un « mal nécessaire », l'approvisionnement en marchandises étant de toute manière indispensable à la vitalité économique des centres-villes. Toutefois, pour pouvoir décider d'intégrer ce coût, encore faut-il pouvoir le définir, l'évaluer et le mesurer. Dans le chapitre 7, nous proposons une mesure de la congestion provoquée par le stationnement en double-file, et d'analyser les coûts en perte de temps qui y sont associés.

Bibliographie du chapitre 6

- Alho, A. R. & de Silva, J. d. A., 2014. Analyzing the relation between land-use/urban freight operations and the need for dedicated infrastructure/enforcement — Application to the city of Lisbon. *Research in Transportation Business & Management*, Volume 11, pp. 85-97.
- Allen, J. & Browne, M., 2010. Sustainability strategies for city logistics. Dans: *Green Logistics: Improving the environmental sustainability of logistics*. London, UK: Kogan Page, pp. 282-305.
- Browne, M. & Ripert, C., 2009. La démarche exemplaire de Paris pour le Transport de Marchandises en Ville. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 55, pp. 39-62.
- CERTU, 2009. *Aménagement des aires de livraisons – Guide pour leur quantification, leur localisation et leur qualification*, Paris: Rapport du Certu.
- Christiansen, D., 1978. Off-Street Truck-Loading Facilities in Downtown Areas: Requirements and Design. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 668, pp. 10-14.
- Dablanc, L., 1998. *Le transport de marchandises en ville*. Paris: Liaisons.
- Dablanc, L., 2007. Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(3), pp. 280-285.
- Dablanc, L., Diziain, D. & Levifve, H., 2011. Urban Freight Consultations in the Paris Region. *European Transport Research Review*, 3(1), pp. 47-57.
- Dezi, G., Dondi, G. & Sangiorgi, C., 2010. Urban freight transport in Bologna: Planning commercial vehicle loading/unloading zones. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2(3), pp. 5990-6001.
- Gardrat, M. & Serouge, M., 2016. Modeling delivery spaces schemes: is the space properly used in cities regarding delivery practices?. *Transportation Research Procedia: 9th International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 436-449.
- Gardrat, M., Toilier, F., Patier, D. & Routhier, J.-L., 2016b. *The impact of new practices for supplying households on urban goods movements: method and first results*. Goteborg, Suède, VREF Urban Freight Platform Conference.
- Habib, P. A. & Crowley, P. W., 1976. Economic Approach to Allocating Curb Space for Urban Goods Movement. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 591, pp. 18-24.
- Holguín-Veras, J., Ozbay, K., Kornhauser, A., Brom, M., Yier, S., Yushimito, W., Ukkusuri, S., Allen, B. & Silas, M., 2011a. Overall Impacts of Off-Hour Delivery Programs in New York City Metropolitan Area. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2238, pp. 68-76.
- Holguín-Veras, J., Ozbay, K., Kornhauser, Shorris, A. & Ukkusuri, S., 2010. *Integrative Freight Demand Management in the New-York City Metropolitan Area*, New York, US: Final Report : US DOT.
- Holguín-Veras, J. & Sanchez-Diaz, I., 2016. Freight Demand Management and the Potential of Receiver-Led Consolidation programs. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 84, pp. 109-130.
- IAURIF, 2013. *La Circulation Routière en Ile-de-France en 2010*, Paris: Note Rapide de l'IAU.
- Jaller, M., Holguín-Veras, J. & Hodge, S., 2013. Parking in the City: Challenges for Freight Traffic. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2379, pp. 46-56.
- Muñuzuri, J., Larrañeta, J., Onieva, L. & Cortes, P., 2005. Solutions Applicable by Local Administrations for Urban Logistics Improvement. *Cities*, Volume 22, pp. 15-28.

Nourinejad, M., Wenneman, A., Nurul Habib, K. & Roorda, M. J., 2014. Truck parking in urban areas: Application of choice modelling within traffic microsimulation. *Transportation Research Part A*, Volume 64, pp. 54-64.

Région Ile-de-France, 2014a. *Enquête Transport de Marchandises en Ville - Méthodologie et Premiers Résultats*, Paris: Brochure de la Région Ile-de-France.

Thompson, R. G. & Richardson, A. J., 1998. A Parking Search Model. *Transportation Research Part A*, 32(3), pp. 159-170.

Ville de Paris, 2005. *Guide technique des aires de livraisons pour la ville de Paris*, Paris: Ville de Paris.

Ville de Paris, 2008. *Le bilan des déplacements en 2008 à Paris*, Paris: Rapport de l'Observatoire des Déplacements.

Ville de Paris, 2010. *Le bilan des déplacements en 2010 à Paris*, Paris: Rapport de l'Observatoire des Déplacements.

Chapitre VII – Mesure de la congestion provoquée par le stationnement en double-file à Paris

Introduction

Comme on l'a vu dans le chapitre 1, la politique « anti-automobile » de la Mairie de Paris a conduit à une réduction importante du nombre de places de stationnement. Le nombre de places de stationnement « classiques » destinées aux divers utilisateurs de la voirie a diminué de près de 15% entre 2003 et 2012 (Koning & Conway, 2016). Cette baisse peut s'expliquer par une volonté de redistribuer l'espace urbain en faveur d'autres modes de transport (bus, marche à pieds via l'élargissement des trottoirs) ou même à l'émergence d'autres formes de mobilité urbaine (stations vélib', autolib'), avec l'objectif affiché de la réduction du nombre de vkms parcourus en voiture en centre-ville. La limitation du stationnement est en effet souvent considérée comme l'un des moyens les plus simples pour limiter le trafic automobile (Marsden, 2006).

Par conséquent, il n'est peut-être pas étonnant que la proportion de stationnement gênant pour les véhicules de livraisons soit aussi élevée. Dans le chapitre 5, nous avons montré que cette proportion est considérable en Ile-de-France et particulièrement à Paris, notamment en ce qui concerne le double-file. Les chauffeurs-livreurs sont soumis aux impératifs de leurs commanditaires et doivent composer avec les possibilités laissées par les espaces urbains. Du fait de cette tension, ils sont souvent obligés de stationner illégalement, parfois en double-file. Dans le chapitre 6, nous avons aussi vu que les infrastructures de stationnement réservées à ces chauffeurs-livreurs souffrent de phénomènes de congestion dans certaines zones, à certains horaires de la journée. Notre objectif est d'approfondir ces recherches, et d'étudier les impacts du stationnement en termes de congestion routière, pour les autres usagers de la voirie. Notre travail offre des contributions que nous pouvons distinguer en trois catégories.⁷⁰

D'abord, nous proposons une mesure de la congestion provoquée par le double-file à partir de données observées. A cette fin, nous mesurons à la fois le phénomène de stationnement en double-file et les conditions du trafic. La plupart des études sur le sujet reposent sur la

⁷⁰ Ce chapitre est une version retravaillée d'un article de périodique (Beziat & Koning, 2017), publié sous un format court (une page) dans la revue *TEC*.

simulation (d'une des deux variables, et même souvent des deux). Par ailleurs, nous transformons les pertes de temps collectives en un paramètre monétaire, utile pour de futures analyses socioéconomiques de politiques publiques visant à modifier les choix de stationnement en double-file.

Ensuite, nous choisissons d'analyser et de différencier l'impact du stationnement en double-file sur la congestion en prenant en compte différents types de véhicules. Nous observons pour cela à la fois le stationnement des véhicules de livraisons et des véhicules particuliers de passagers. A notre connaissance, peu d'analyses combinent et distinguent différents types de véhicules au sein d'une même étude.

Enfin, notre terrain de choix est, encore une fois, la ville de Paris. Comme nous l'avons vu dans le chapitre 5, le choix du stationnement est fonction des formes urbaines. La proportion de stationnement gênant est extrêmement importante dans la ville de Paris (66% des mouvements), et le stationnement en double-file représente également une part très importante des mouvements (49%). Ces proportions sont plus importantes que dans d'autres parties de l'Ile-de-France, ou même que dans d'autres centres-villes moins denses : le stationnement gênant représente « seulement » 50% des mouvements dans la couronne centrale de l'agglomération Bordelaise, d'après l'enquête TMV de 2012 (Toilier, et al., 2015).

7.1 Mesure de la congestion provoquée par le stationnement à Paris : démarche empirique

7.1.1 Le diagramme fondamental de la congestion

Nous avons décrit, en Introduction Générale de cette thèse, le diagramme fondamental de la congestion et les notions nécessaires à sa compréhension. Rappelons ici quelques définitions de variables pouvant caractériser la demande en infrastructure routière, que nous allons mobiliser dans ce chapitre (Buisson & Lesort, 2010) :

- Le débit (Q , exprimé en véhicules par unité de temps) désigne le nombre de véhicule passant pendant une période donnée à un point de l'infrastructure ;
- La concentration (K , exprimée en nombre de véhicules par unité de longueur) décrit le nombre de véhicules présents sur une portion de route donnée pendant une période donnée ;

- On peut par ailleurs relier la concentration (K) au taux d'occupation (TO, exprimé en pourcentage d'une période donnée), qui désigne le pourcentage de temps pendant lequel une boucle magnétique servant à mesurer le trafic est occupée par un véhicule.
- La vitesse du flot (U , exprimé en longueur par unité de temps), qui décrit la vitesse moyenne des véhicules présents sur une longueur de route donnée.

Le débit mesure la demande de route, tandis que la concentration et la vitesse reflètent la qualité de service proposée, pour une offre de route donnée. On peut mesurer ces variables caractérisant la demande de voirie par différents moyens (observations, boucles magnétiques dans le sol, données GPS...). Notons que les variables Q , K et U sont liées par l'identité :

$$Q = K \times U \quad (18)$$

Dans la littérature récente en ingénierie du trafic, on considère qu'il existe trois phases d'écoulement du trafic routier (Kerner, 2009). D'un côté, le régime fluide : la demande est inférieure à la capacité théorique de l'infrastructure, et le débit (Q) augmente en même temps que la concentration (K) de véhicules sur une portion de voirie donnée. La vitesse est presque stable, en légère baisse à mesure que le débit augmente. D'un autre côté, les régimes saturés ou congestionnés, qu'on distingue entre régimes synchronisés (les débits et vitesses peuvent encore varier considérablement) et régimes majeurs (vitesse très inférieure à celle du régime fluide et débit drastiquement réduit).

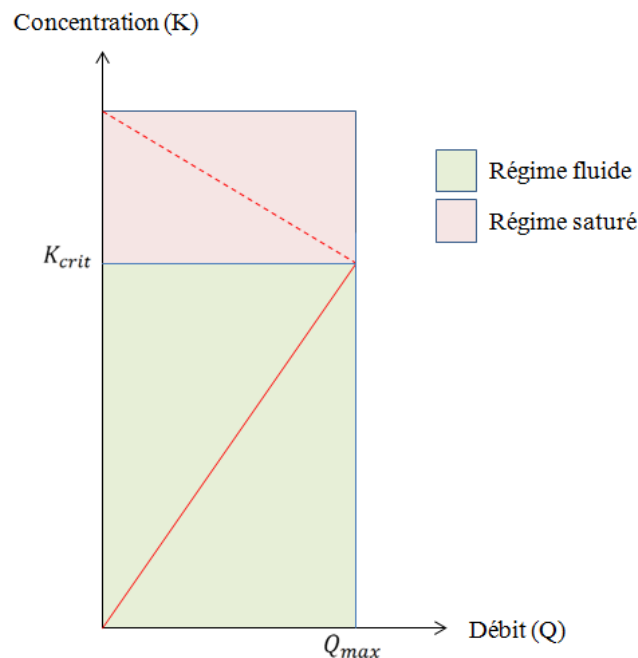


Figure 7.1.1 – Diagramme fondamental de la congestion : relation entre débit Q et concentration K (d'après Buisson & Lesort, 2010)

La relation entre le débit Q et la concentration K reste positive jusqu'à l'atteinte du point critique K_{crit} . Formulé autrement, lorsque le débit est faible, la concentration de véhicule l'est aussi, naturellement. Plus les véhicules sont nombreux à passer sur l'infrastructure (le débit augmente), plus la concentration est forte (le nombre de véhicule sur la voirie pendant une période donnée augmente aussi).

Pendant ce temps, la vitesse reste plus ou moins constante, puisque l'écoulement du trafic est libre. Cette relation reste possible jusqu'à ce que le point critique, correspondant à la capacité théorique de la voirie, soit atteint. C'est le point où l'écoulement libre du trafic n'est plus possible et la congestion apparaît : les véhicules se gênent les uns les autres, un goulot d'étranglement se forme, le débit diminue, la vitesse baisse, et la concentration des véhicules sur l'infrastructure continue d'augmenter.

La Figure 7.1.1 ci-dessus illustre cette relation entre le débit et la concentration de véhicules sur une infrastructure pendant une période donnée. Le point K_{crit} , à partir duquel le débit devient trop important pour un écoulement libre des véhicules, correspond donc logiquement au point Q_{max} , le débit maximal possible sur cette infrastructure. Une fois que la concentration de véhicule augmente suffisamment, les véhicules se gênent les uns les autres, la vitesse baisse, et le nombre de véhicules passant par un point de l'infrastructure pendant une période donnée aussi.

Notons que les observations empiriques du trafic en régime fluide (en-dessous du point K_{crit} sur la Figure 7.1.1) correspondent généralement mieux au modèle théorique du diagramme fondamental de la congestion que celles en régime saturé. Le comportement de la relation entre débit, concentration et vitesse, est en tout cas plus incertain lorsque les infrastructures routières sont caractérisées par ces conditions de trafic extrêmes (Small & Chu, 2003; Jin, et al., 2015; Kerner, 2009).

7.1.2 Stratégie empirique pour estimer l'impact du stationnement en double-file sur la relation entre le débit et le taux d'occupation

L'objectif de ce chapitre est d'estimer l'impact du stationnement en double-file des chauffeurs-livreurs. Généralement, l'effet des véhicules (de passagers ou de marchandises) stationnés sur la voirie sur les conditions de trafic est estimé grâce à différents types de simulations (Cao, et al., 2013; Kladeftiras & Antoniou, 2013; Portilla, et al., 2010). Ce recours à la simulation s'explique essentiellement par les difficultés liées à la mesure de la vitesse des véhicules, et donc de la congestion résultant du stationnement en double-file.

Différentes stratégies pour récolter des données empiriques sont adoptées dans la littérature : l'estimation de la vitesse de chaque véhicule lorsqu'ils ne sont pas très nombreux comme c'est le cas pour les véhicules non motorisés par exemple (Ye & Chen, 2013) ; le calcul de la vitesse moyenne à partir des plaques d'immatriculation et le relevé de l'entrée et de la sortie des véhicules sur l'infrastructure (Guo, et al., 2012) ; ou l'estimation de la vitesse moyenne du flux à partir d'un échantillon représentatif de véhicules du trafic (Marshall, et al., 2008).

Il existe aussi une littérature relativement développée sur le sujet de l'effet du double-file des véhicules de marchandises sur le trafic. Les données utilisées sont généralement issues de micro-simulations des conditions de trafic. La simulation est parfois réalisée à la fois pour estimer le nombre de livraisons et d'enlèvements et le trafic sur une infrastructure donnée (FHA, 1981; Han, et al., 2005; Chiabaut, 2015; Lopez, et al., 2016).

Parfois, la simulation sert uniquement à l'estimation des conditions de trafic, des données de terrain étant récoltées pour mesurer la demande de voirie exercée par les véhicules de livraison (Gao & Ozbay, 2015; Chen, et al., 2015). A notre connaissance, les études sur l'impact des véhicules de marchandises sur le trafic mobilisant des données issues d'observations de terrain à la fois pour les opérations de stationnement et pour l'impact sur le trafic sont rares. De plus, aucune analyse ne mêle le stationnement des véhicules de livraisons et les véhicules de passagers.

Dans le cadre de ce travail, nous proposons une analyse empirique de l'impact du stationnement en double-file des chauffeurs-livreurs (et des passagers) sur le trafic, dans les rues parisiennes. Nous articulons notre démarche autour de l'impact du double-file sur la forme de la courbe du diagramme fondamental de la congestion.

Dans un premier temps, et étant données les informations à notre disposition (voir section suivante), nous proposons d'analyser la relation entre le débit (nombre de véhicule) et le taux d'occupation (pourcentage de temps d'occupation d'une boucle magnétique occupée par des véhicules), pour des périodes de trois minutes, dans une sélection de rues parisiennes. La relation entre le taux d'occupation et la concentration étant linéaire (Buisson & Lesort, 2010), le lien illustré par la Figure 7.1.1 est le même que celui présenté par la Figure 7.1.2.

Comme pour la Figure 7.1.1, le point TO_{crit} est atteint lorsque le débit est trop important pour la capacité théorique de l'infrastructure. On passe donc en condition de trafic saturé, et le débit diminue tandis que le taux d'occupation continue d'augmenter. Comme nous l'avons dit précédemment, la relation entre débit et taux d'occupation (ou concentration) dans la partie descendante de la pente (après avoir atteint TO_{crit}) est assez incertaine. Pour cette raison, nous ne nous intéressons ici qu'à sa partie ascendante (avant d'avoir atteint TO_{crit}).

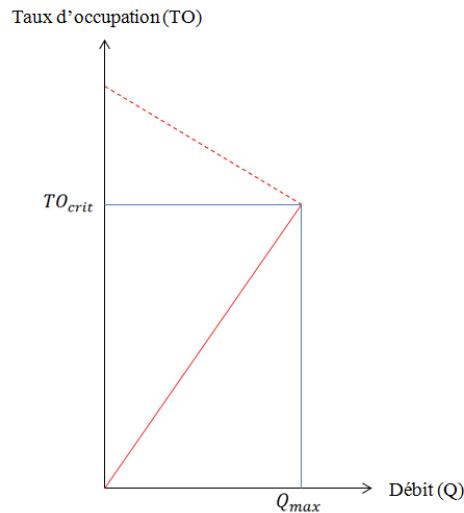


Figure 7.1.2 – Dérivé du diagramme fondamental de la congestion : relation entre débit Q et taux d'occupation TO (Buisson & Lesort, 2010)

Que se passe-t-il lorsqu'un véhicule (de passagers ou de marchandises) se gare en double-file ? Pour une demande de route donnée (Q'), la qualité de service de l'infrastructure va se dégrader. Un véhicule en double-file occupe en effet une voie de circulation, et « capture » donc une partie de la capacité viaire. Il force aussi les autres usagers à changer de file pour le doubler (dans le meilleur des cas). Ceci a pour résultat une baisse de la vitesse, et donc une hausse du taux d'occupation ($TO_{df} > TO_{ok}$), à débit constant. Par conséquent, nous faisons l'hypothèse que le stationnement en double-file modifie la pente de la courbe illustrant la relation entre le débit et le taux d'occupation, comme le montre la Figure 7.1.3.

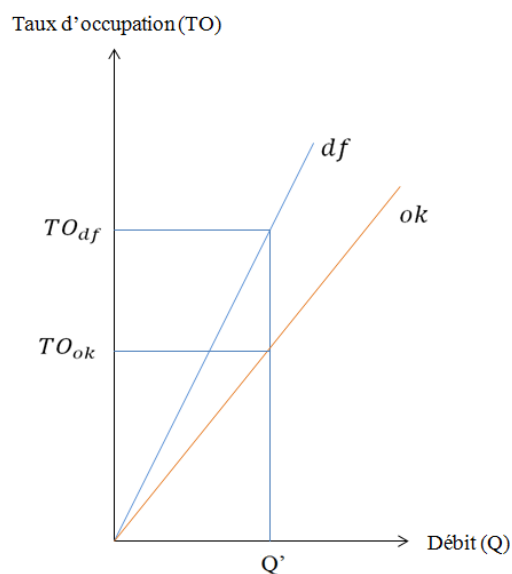


Figure 7.1.3 – Représentation graphique des pentes différentes pour la relation entre le débit et le taux d'occupation selon la présence de double-file ou non (Beziat & Koning, 2017)

Par ailleurs, nous choisissons de formuler une autre hypothèse, liée aux formes urbaines physiques de la rue. On peut en effet penser que l'impact du double-file sur la vitesse (et donc sur le taux d'occupation) des autres usagers est différent selon la rue. Par exemple, Marshall et al. (2008) considèrent les différences entre les rues urbaines et les routes de campagne. Notre analyse étant uniquement urbaine, notre distinction est un peu plus fine, prenant en compte la largeur de la voie et le ou les sens de circulation. On peut en effet considérer que les possibilités de dépasser le véhicule en double-file sont différentes selon ces caractéristiques de voirie. L'impact du stationnement en double-file sur la vitesse n'est donc pas la même.

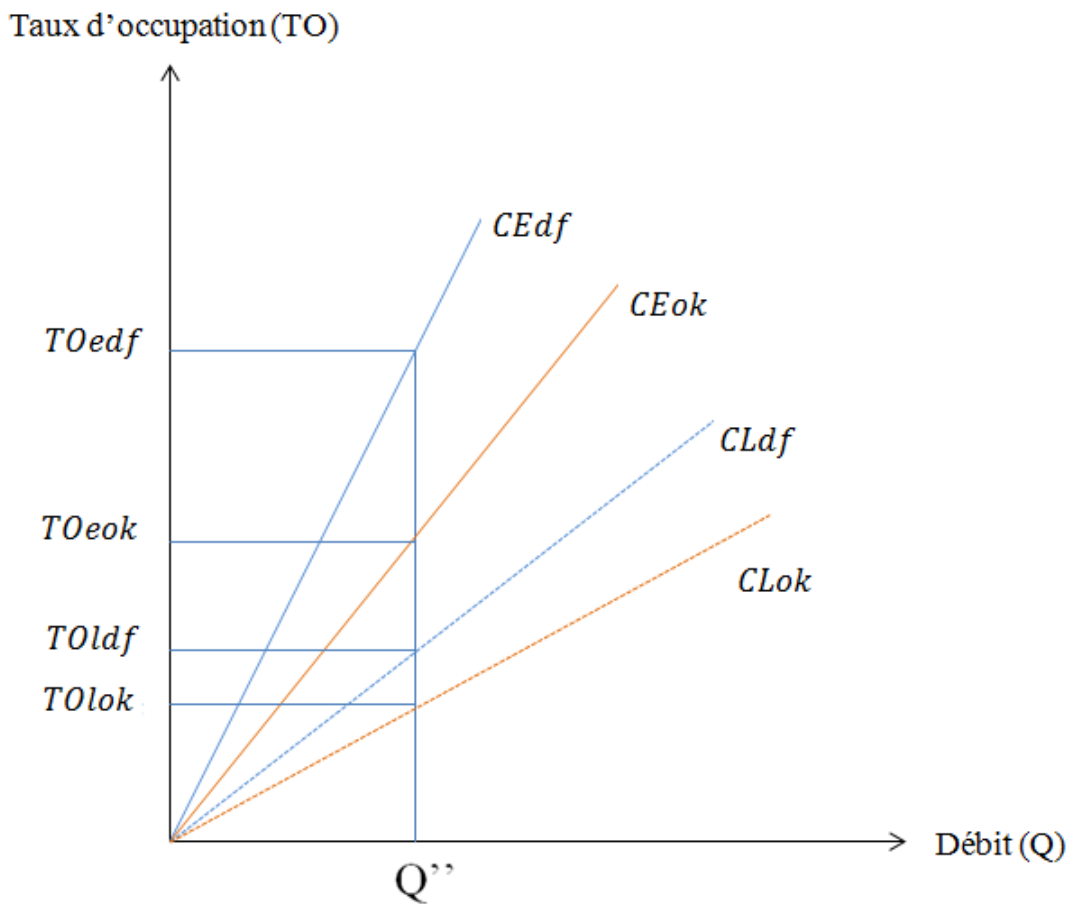


Figure 7.1.4 – Représentation des pentes pour la relation le débit et le taux d'occupation selon la présence de double-file ou non, et selon la largeur de la voirie (Beziat & Koning, 2017)

Nous considérons que la pente de la courbe de la relation entre débit et taux d'occupation diffère selon le type de voirie. A titre illustratif, la Figure 7.1.4 compare l'effet pressenti du double-file pour une chaussée large (CL) et une chaussée étroite (CE). Dans ces cas de figure, il est plausible que le stationnement en double-file soit plus impactant dans la rue étroite, où les possibilités de dépassement sont moindres.

Dans le reste du chapitre, nous estimons l'impact du flux F sur le taux d'occupation TO à l'aide d'un modèle de régression linéaire multiple. Nous faisons également inter-réagir le flux avec les caractéristiques de la voirie et les observations sur le double-file pour prendre en compte leur impact sur la relation flux – taux d'occupation :

$$TO_{sp} = \alpha_0 + F_{sp} \times (\alpha_1 + \alpha_2 L_s + \alpha_3 DS_s + \alpha_4 B_s + \alpha_5 V_s + \alpha_6 DF_{sp}) + \varepsilon_i \quad (19)$$

Où F est le flux de véhicules sur la portion de voirie s à la période p considérée, L décrit la largeur de la voie (en mètres), DS est une variable dummy qui mesure si la voirie est à double-sens de circulation ou non, B désigne la présence ou non de voies bus, V désigne la présence ou non de station Vélib (indiquant une fréquentation de cyclistes, pouvant expliquer une relation débit / taux d'occupation différente), DF désigne la variable servant à décrire le double-file. Les paramètres α_0 (constante), α_1 , α_2 , α_3 , α_4 , α_5 et α_6 sont estimés par le modèle de régression, à l'aide de la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO). Cette stratégie empirique nous permet d'estimer le rôle du double-file sur la relation entre débit et taux d'occupation, tout en contrôlant par la forme des rues.

7.2 Bases de données pour l'observation du stationnement et pour la mesure du trafic dans une sélection de rues parisiennes

7.2.1 Démarche de l'enquête de terrain : agréger des données sur le stationnement avec des données de trafic

Pour les besoins de notre travail, nous avons choisi de récolter nos propres observations sur les comportements de stationnement des chauffeurs-livreurs dans Paris. Cette enquête nous sert de trois manières : caractériser précisément les comportements des chauffeurs-livreurs en milieu dense, en fonction notamment du niveau de gêne pour le trafic ; décrire les déterminants de ces comportements de stationnement ; décrire l'impact de ces comportements sur le trafic. Cette enquête de terrain est décrite sommairement dans sa méthodologie et ses principaux résultats sur le comportement du stationnement dans notre chapitre 5. Nous proposons ici de revenir sur cette méthodologie, dans le cadre de l'étude de l'impact du stationnement sur la formation de la congestion dans Paris.

L'observation du stationnement des chauffeurs-livreurs a été réalisée entre mars et juin 2015.⁷¹ Il s'agit d'un travail de terrain réalisé dans une douzaine de rues parisiennes. Le choix des rues parisiennes a été fait en respectant plusieurs nécessités. Le filtre des rues a été fait avant tout à partir de la disponibilité de données. L'objectif est de comparer des données sur le stationnement (par l'observation des pratiques des chauffeurs-livreurs) à des données sur le trafic.

Les données sur le trafic proviennent du réseau de capteurs permanents de la ville de Paris (Ville de Paris, 2016). Sur le réseau parisien, la mesure du trafic s'effectue par le biais de boucles électromagnétiques sciées dans la chaussée. Ces boucles permettent d'élaborer des mesures de taux d'occupation (% d'occupation de ces boucles par les véhicules dans un intervalle de temps donné), et de débit (nombre de véhicules passant le point de comptage pendant le même intervalle de temps).



Figure 7.2.1 – Réseau instrumenté par des stations de comptage de trafic à Paris
(Source : *open data*, Ville de Paris, 2017)

Les principaux axes de la ville sont équipés de stations de comptage, dont il existe deux principaux types : les stations mesurant uniquement le taux d'occupation, et les stations mesurant ce taux et le débit. Les stations mesurant le débit sont moins nombreuses que l'autre type, et sont généralement situées aux intersections des grands axes parisiens. L'observation de

⁷¹ Les observations de terrain ont été faites par l'auteur et par Huong N'Guyen, stagiaire au laboratoire SPLOTT de l'IFSTTAR de février à juin 2015.

la relation entre trafic et stationnement en double-file dans les toutes petites rues parisiennes n'est donc pas possible en l'état, ce qui représente une première limite de notre analyse. La Figure 7.2.1 montre les axes parisiens concernés par les mesures des stations de comptage. Les données de trafic ne sont donc pas disponibles pour l'intégralité des rues parisiennes, ce qui a contraint nos choix de terrain.

Afin d'étudier l'impact du stationnement sur la circulation, nous avons choisi d'observer le phénomène sur une plage horaire prenant en compte la période de pointe des passagers (6-9h), légèrement en décalage par rapport à la période de pointe des livraisons de marchandises (9-12h). Les observations ont donc lieu entre 8h et 12h. Chaque rue est observée par plages de 30 mn. Ceci introduit une autre contrainte : afin de permettre le trajet à pied entre les différentes rues, il faut que celles-ci soient relativement groupées les unes par rapport aux autres, pour éviter des longs déplacements à l'enquêteur.

Au final, douze rues parisiennes ont été sélectionnées dans trois zones. Le choix des rues répond à trois critères. 1°) Les rues sont équipées de capteur mesurant le trafic et le taux d'occupation ; 2°) Elles garantissent un échantillon hétérogène des formes urbaines (largeur, sens de circulation, infrastructures urbaines, activités économiques) ; 3°) Elles peuvent être regroupées en trois « zones » de rues proches les unes des autres, permettant le déplacement rapide de l'enquêteur d'un lieu d'observation à l'autre.

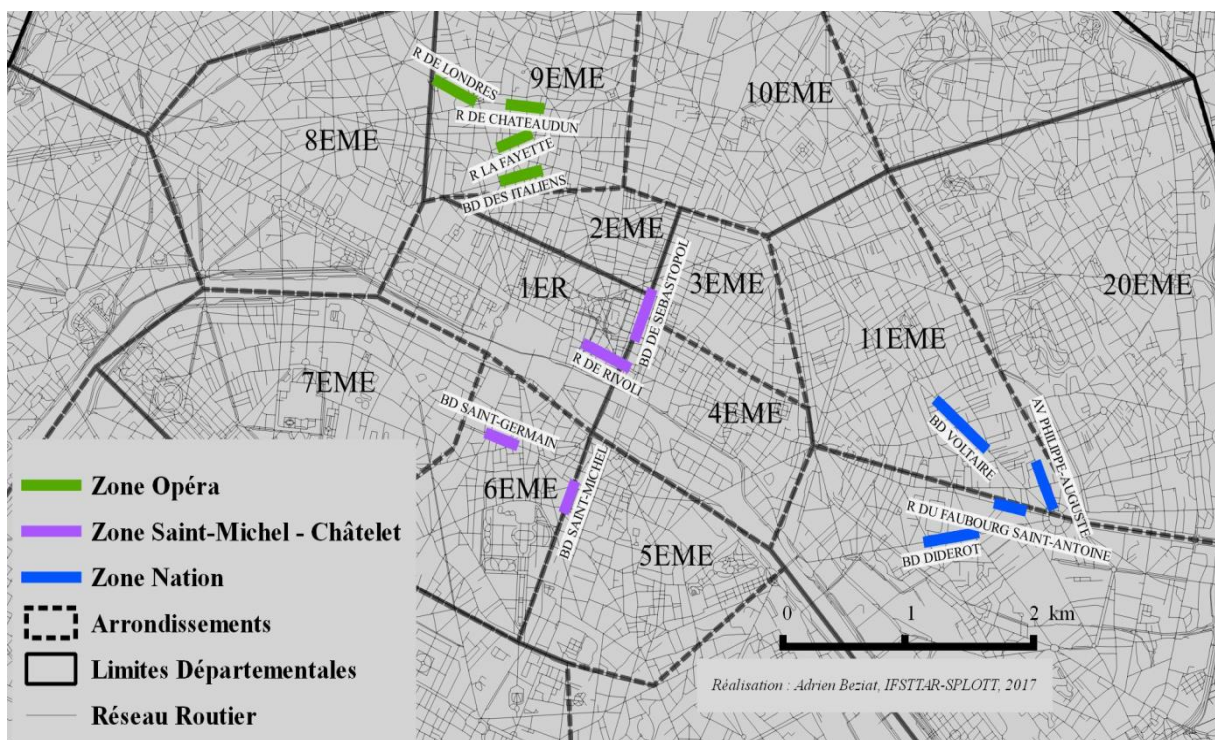


Figure 7.2.2 – Rues observées pendant le travail d'enquête (auteur)

Chaque jour d'enquête, quatre sessions d'observation de 30 minutes ont été réalisées dans les quatre rues d'une zone donnée. La zone d'observation change systématiquement d'un jour sur l'autre, permettant d'enquêter chaque zone à différents jours de la semaine. L'ordre d'observation des rues au sein d'une zone donnée change également, permettant l'observation des rues à différentes périodes de la plage horaire choisie. Les douze rues et trois zones, localisées sur la Figure 7.2.2 ci-dessus, sont :

- Dans la zone Nation : l'Avenue Philippe Auguste, le Boulevard Voltaire, le Boulevard Diderot et la Rue du Faubourg Saint-Antoine.
- Dans la zone Saint-Michel – Châtelet : le Boulevard Saint-Germain, le Boulevard Saint-Michel, la Rue de Rivoli et le Boulevard de Sébastopol.
- Dans la zone Opéra : le Boulevard des Italiens, la Rue Lafayette, la Rue de Londres et la Rue du Châteaudun.

Une autre limite de l'utilisation du réseau instrumenté pour l'analyse du trafic concerne la fiabilité des boucles magnétiques servant la mesure du trafic. Il arrive qu'elles se retrouvent hors ligne : soit parce qu'elles tombent en panne, soit parce qu'elles sont abîmées lors de travaux sur la chaussée. Pendant la durée de notre observation, les boucles de la Rue de Londres et de la Rue du Châteaudun n'ont pas fonctionné, empêchant la comparaison des données de stationnement et de trafic. Elles sont donc exclues de l'analyse qui suit.

Les rues et les zones choisies illustrent différents types de formes urbaines de la ville de Paris. La zone Opéra correspond au centre économique de Paris, dans le 9^{ème} arrondissement, zone à la fois tertiaire (nombreux sièges d'entreprises, notamment de banque et d'assurance) et commerciale (grands magasins comme les Galeries Lafayette, nombreux Hôtels-Cafés-Restaurants). La zone Saint-Michel – Châtelet est une zone très touristique dans le centre de Paris : on y retrouve de nombreux monuments, et les activités économiques qui y correspondent, avec de très nombreux petits commerces (notamment autour des Halles) et de nombreux restaurants et cafés. La zone de Nation est plus périphérique et résidentielle, malgré la présence de nombreux commerces et de services aux particuliers.

Le Tableau 7.2.1 ci-dessous propose des statistiques descriptives pour les différentes zones et voiries considérées. La méthodologie adoptée permet une certaine hétérogénéité des zones observées, ce qui permet d'analyser des situations différentes. Certaines voiries sont plutôt larges, d'autres très étroites (notamment Rivoli, Lafayette, et dans une moindre mesure Sébastopol). Certaines ont une activité économique très importante (notamment à Voltaire et Sébastopol), tandis que d'autres sont plus résidentielles (Faubourg Saint-Antoine surtout). La longueur des voiries enquêtées dépend essentiellement de la visibilité dans la rue pour l'enquêteur et de la capacité de déplacement pour aller observer les différentes opérations de

stationnement des chauffeurs-livreurs. La moitié des voiries sont en double-sens, l'autre moitié non.

Zones	Voiries	Largeur voirie (m)	Longueur voirie (m)	Double-Sens	Voies Bus	Station Velib'	Etablissements ⁷² <i>Etab / mètre</i>
Nation	Avenue Philippe Auguste	12	215	oui	non	non	132 0,61
	Boulevard Voltaire	13	300	oui	non	non	244 0,81
	Boulevard Diderot	10	300	oui	non	oui	62 0,21
	Rue du Faubourg Saint-Antoine	11	270	oui	non	non	32 0,12
Saint-Michel - Châtelet	Boulevard Saint-Germain	11	215	non	oui	oui	46 0,21
	Boulevard Saint-Michel	12	200	non	oui	oui	26 0,13
	Rue de Rivoli	6	300	non	oui	oui	166 0,55
	Boulevard de Sébastopol	9	290	non	oui	oui	228 0,79
Opéra	Boulevard des Italiens	16	215	oui	non	oui	138 0,64
	Rue Lafayette	7	210	non	non	non	140 0,67

Tableau 7.2.1 – Description des formes urbaines physiques et fonctionnelles des rues observées (source : *open data*, Ville de Paris, calculs de l'auteur)

L'*Open Data* mis à disposition par la ville de Paris⁷³ fournit des données très intéressantes sur le taux d'occupation et le débit pour ces grands axes. Par contre, il s'agit d'un trafic horaire, ce qui ne permet pas une analyse aussi fine que souhaitée. Nous analysons en effet l'effet de pratiques de stationnement qui peuvent parfois durer moins de cinq minutes. Dans le cadre de ce chapitre, nous avons pu obtenir les données de trafic à leur niveau le plus fin : le débit et le taux d'occupation sont enregistrés pour des périodes de seulement trois minutes.⁷⁴

7.2.2 Enquête de terrain : observation de l'occupation de la voirie par les chauffeurs-livreurs stationnés en double-file

L'observation du stationnement des chauffeurs-livreurs a déjà été décrite dans le chapitre 5 de cette thèse. Elle permet d'observer de manière détaillée les pratiques de stationnement des chauffeurs-livreurs. En particulier, elle nous permet de distinguer entre le stationnement en double-file et d'autres formes d'occupation de la voirie, que nous supposons moins gênantes pour le trafic. Un certain nombre de variables sont renseignées par le biais de

⁷² D'après le fichier Altarès apuré (voir chapitre 2)

⁷³ <https://opendata.paris.fr/explore/dataset/comptages-routiers-permanents/>, consulté le 30/03/2017

⁷⁴ Nous remercions Luc Charansonny, doctorant au LVMT et ingénieur au PC Lutèce de la ville de Paris, pour ces données précieuses.

ce travail de terrain, dont le début et la fin de l'opération de stationnement, le type de véhicule et le type de stationnement. Un exemplaire de la fiche d'observation remplie pour décrire les opérations est disponible en annexe 8.

En tout, 102 périodes observations ont été réalisées, sans compter les observations de la rue de Londres et de la rue du Chateaudun, non comptabilisées en raison de la non disponibilité des données de trafic. Le Tableau 7.2.2 montre la bonne répartition de ces observations entre les différentes voiries, ainsi que la bonne répartition des minutes d'observation correspondantes. Les phases d'observation de chaque voirie, censées durer trente minutes à chaque fois, ont parfois dans les faits été légèrement plus courtes ou légèrement plus longues (de 25 à 40 minutes environ). On voit également que, dans la mesure du possible, les minutes d'observation pour chaque voirie ont été réalisées sur plusieurs tranches horaires.

Zones	Voiries	Nombre d'observations	Minutes	8-9h mn	9-10h mn	10-11h mn	11-12h mn
Nation	Avenue Philippe Auguste	9	255	100	35	100	20
	Boulevard Voltaire	9	270	45	130	75	20
	Boulevard Diderot	9	270	60	80	85	45
	Rue du Faubourg Saint-Antoine	9	255	35	65	75	80
Saint-Michel - Châtelet	Boulevard Saint-Germain	11	340	30	140	110	60
	Boulevard Saint-Michel	11	355	90	65	170	30
	Rue de Rivoli	11	355	125	110	95	25
	Boulevard de Sébastopol	11	350	50	115	100	85
Opéra	Boulevard des Italiens	11	305	95	70	140	0
	Rue Lafayette	11	305	70	110	110	15
Total		102	3 060	700	920	1060	380

Tableau 7.2.2 – Nombre (et minutes) d'observations pour les différentes voiries enquêtées (Source : enquête de terrain, 2015)

Sur ces dix voiries, un total de 1 066 opérations de stationnement ont été observées, soit un total de 20 opérations par heures environ, ou encore 0,5 opérations par mètre de voirie, comme le montre le Tableau 7.2.3 ci-dessous. Le Boulevard des Italiens et la Rue Lafayette sont les deux axes les plus « générateurs » d'opérations de stationnement sur nos période d'observation, surtout lorsque l'on prend en compte leur longueur.

La rue de Rivoli, au contraire, génère moins d'opérations de stationnement, mais cela est peut-être dû au stationnement privé (présence de parking souterrain pour accéder aux boutiques), que nous ne pouvons pas observer. Les tranches horaires entre 10h et 11h et entre 11h et midi sont les plus génératrices de mouvements, ce qui est cohérent avec les données les résultats de l'enquête TMV (heures de pointe marchandises décalées par rapport à celles des passagers).

Zones	Voiries	8-9h /m	Par h d'obs	9-10h /m	Par h d'obs	10-11h /m	Par h d'obs	11-12h /m	Par h d'obs	Total /m	Par h d'obs
Nation	Avenue Philippe Auguste	33 0,15	19,8	17 0,08	29,1	32 0,15	19,2	7 0,03	21,0	89 0,41	20,9
	Boulevard Voltaire	15 0,05	20,0	46 0,15	21,2	33 0,11	26,4	8 0,03	24,0	102 0,34	22,7
	Boulevard Diderot	19 0,06	19,0	30 0,10	22,5	27 0,09	19,1	10 0,03	13,3	86 0,29	19,1
	Rue du Faubourg Saint-Antoine	12 0,04	20,6	22 0,08	20,3	27 0,10	21,6	34 0,13	25,5	95 0,35	22,4
Saint-Michel - Châtelet	Boulevard Saint-Germain	25 0,12	50,0	49 0,23	21,0	37 0,17	20,2	23 0,11	23,0	134 0,62	23,6
	Boulevard Saint-Michel	16 0,08	10,7	21 0,11	19,4	64 0,32	22,6	8 0,04	16,0	109 0,55	18,4
	Rue de Rivoli	33 0,11	15,8	13 0,04	7,1	15 0,05	9,5	4 0,01	9,6	65 0,22	11,0
	Boulevard de Sébastopol	22 0,08	26,4	29 0,10	15,1	35 0,12	21,0	34 0,12	24,0	120 0,41	20,6
Opéra	Boulevard des Italiens	41 0,19	25,9	33 0,15	28,3	65 0,30	27,9	0 0,00	0,0	140 0,65	27,5
	Rue Lafayette	27 0,13	23,1	43 0,20	23,5	49 0,23	26,7	7 0,03	28,0	126 0,60	24,8
Total		243 0,11	20,8	303 0,14	19,8	384 0,17	21,7	136 0,06	21,5	1 066 0,48	20,9

Tableau 7.2.3 – Nombre de véhicules stationnés, par mètre de voirie et par heure d'observation, par voirie, selon la tranche horaire d'arrivée (Source : enquête de terrain, 2015)

L'un des grands avantages de notre travail d'enquête est que nous n'observons pas uniquement le stationnement des véhicules de livraison, mais aussi les opérations de stationnement des véhicules particuliers. Le Tableau 7.2.4 ci-dessous montre tout de même que la grande majorité des opérations de stationnement observées (tous type de stationnement confondus) concerne les véhicules de marchandises (plus de 85%).

Zones	Voiries	VP %	VUL %	PL %	Total
Nation	Avenue Philippe Auguste	20 22,5%	44 49,4%	25 28,1%	89
	Boulevard Voltaire	8 7,8%	70 68,6%	24 23,5%	102
	Boulevard Diderot	15 17,4%	43 50,0%	28 32,6%	86
	Rue du Faubourg Saint-Antoine	16 16,8%	58 61,1%	21 22,1%	95
Saint-Michel - Châtelet	Boulevard Saint-Germain	11 8,2%	51 38,1%	72 53,7%	134
	Boulevard Saint-Michel	29 26,6%	44 40,4%	36 33,0%	109
	Rue de Rivoli	9 13,8%	35 53,8%	21 32,3%	65
	Boulevard de Sébastopol	24 20,0%	69 57,5%	27 22,5%	120
Opéra	Boulevard des Italiens	6 4,3%	53 37,9%	81 57,9%	140
	Rue Lafayette	12 9,5%	53 42,1%	61 48,4%	126
Total		150 14,1%	520 48,8%	396 37,1%	1 066

Tableau 7.2.4 – Nombre de véhicules stationnés, par type de véhicules et par voirie (Source : enquête de terrain, 2015)

Le stationnement des VUL représente un peu moins de 50% des opérations de tous les véhicules, et environ 57% des mouvements de marchandises, ce qui est remarquablement cohérent avec les résultats de l'enquête TMV (voir le chapitre 2). Ces résultats sont relativement stables d'une voirie à l'autre : on observe tout de même une majorité de poids lourds pour le Boulevard des Italiens et le Boulevard Saint-Germain, ainsi qu'une portion assez élevée de véhicules particuliers Avenue Philippe Auguste et Boulevard Saint-Michel.

Enfin, la Figure 7.2.3 ci-dessous montre les pratiques de stationnement observées lors de l'enquête, que nous avons déjà explorées en détail dans le chapitre 5. Une proportion très importante du stationnement est réalisée hors de l'infrastructure permettant un stationnement non gênant (aires de livraisons et places « traditionnelles »), avec plus de 70%. Si l'on prends en compte le fait que nous ne mesurons pas le stationnement privé, ces résultats sont assez cohérents avec ceux de l'enquête TMV (le stationnement gênant représentant 66% des mouvements). Enfin, comme nous l'avons montré dans le chapitre 5, le stationnement sur voirie est majoritaire. Et le stationnement en double-file représente un peu moins de la moitié du stationnement sur voirie.

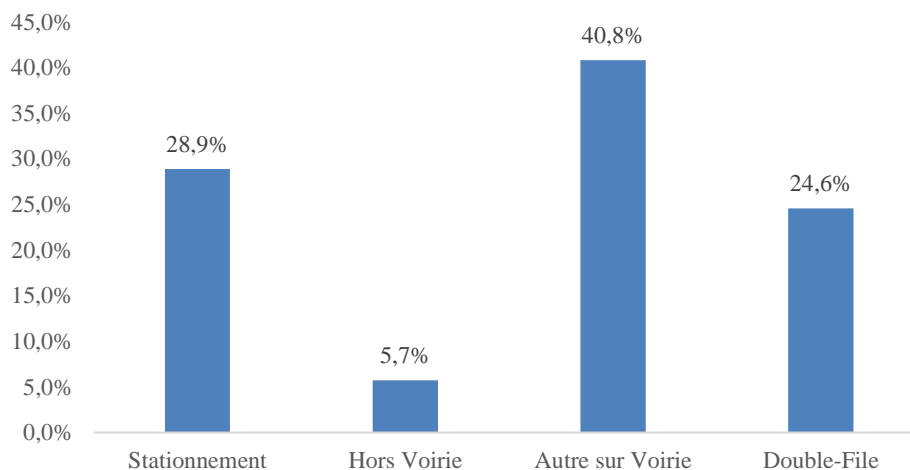


Figure 7.2.3 – Types et fréquence des pratiques de stationnement observés lors de l'enquête de terrain (Source : enquête de terrain, 2015)

7.2.3 Couplage des données de stationnement avec les données de trafic

Les données récoltées sur le stationnement des conducteurs de véhicules particuliers et des chauffeurs-livreurs sont ensuite combinées aux données de trafic sur les voiries enquêtées. Chaque rue est équipée d'une à deux boucles magnétiques mesurant le débit, et d'une à six boucles mesurant le taux d'occupation. Afin de prendre en compte l'effet du stationnement en double-file sur ces mesures du trafic, nous avons pris en compte les données des boucles situées

le plus en « amont » possible du sens du trafic par rapport aux « perturbations » potentielles que sont les véhicules en double-file. De plus, les boucles prises en compte sont celles qui enregistrent le débit et le taux d'occupation au même endroit.

Les boucles magnétiques mesurent le trafic à partir de deux variables : le débit (nombre de véhicule par heures) et le taux d'occupation (pourcentage de temps où les boucles sont occupées). Les deux sont enregistrés pour des périodes de trois minutes. Il s'agit donc d'une mesure agrégée du trafic, mais à un niveau très fin. Le flux moyen F, utilisé dans le modèle de régression décrit plus loin, n'est pas un flux horaire kilométrique. Ainsi, il est calculé en prenant en compte le nombre de véhicule passant pendant une période de trois minutes et la longueur du segment considéré.

Zones	Voiries	Débit moyen Q (veh/km/h)	Flux Moyen F (veh/m/3mn)	Taux d'Occupation moyen TO (%)
Nation	Avenue Philippe Auguste	330,3	3,6	5,3
	Boulevard Voltaire	668,0	10,0	6,2
	Boulevard Diderot	337,6	5,1	9,2
	Rue du Faubourg Saint-Antoine	428,0	5,8	5,3
Saint-Michel - Châtelet	Boulevard Saint-Germain	1 624,3	17,5	10,3
	Boulevard Saint-Michel	1 262,5	12,6	11,0
	Rue de Rivoli	1 846,6	27,7	29,1
	Boulevard de Sébastopol	1 919,9	27,8	17,8
Opéra	Boulevard des Italiens	766,1	8,2	8,6
	Rue Lafayette	907,1	9,5	6,5
	Moyenne	1 090,3	12,1	11,7

Tableau 7.2.5 – Statistiques de trafic (débit et taux d'occupation) récoltées pour les différentes voiries, aux périodes d'observation (Source : données de trafic, Ville de Paris)

Le Tableau 7.2.5 montre les statistiques de trafic des différentes voiries. Ces statistiques montrent des profils de fréquentation des infrastructures assez différents. De manière générale, les infrastructures du quartier Nation, plutôt situées dans un arrondissement périphérique de Paris, sont moins fréquentées que les zones plus centrales d'Opéra et plus particulièrement de Saint-Michel – Châtelet. En conséquence, les taux d'occupation ne sont pas les mêmes. Ces taux d'occupation sont plus élevés (montrant un niveau de congestion plus élevé) dans les zones centrales où le débit est plus élevé, particulièrement à Rivoli et à Sébastopol. Au contraire, les taux d'occupation sont plus faibles dans le 11^{ème} et 12^{ème} arrondissements, là où le débit est moindre.

Les deux jeux de données, sur le stationnement et sur le trafic des véhicules, sont ensuite combinées en une seule base, à l'aide des heures d'arrivée et de départ des véhicules, et à l'aide des heures de début d'enregistrement de chaque période de trois minutes. Chaque période de

trois minutes, pour une voirie avec ses caractéristiques données, est décrite par son niveau de trafic (débit, trafic, et taux d'occupation) ainsi que par l'occupation de la voirie par des véhicules en double-file (nombre et type de véhicules, et surface représentée par ces véhicules).

Notons que nous choisissons dans notre modèle de ne prendre en compte que les observations pour lesquelles le taux d'occupation est inférieur à 20%. Comme nous l'avons expliqué dans la section précédente, si la relation entre le débit et le taux d'occupation (ou la concentration) est relativement aisée à calibrer sur la pente ascendante du diagramme fondamental de la congestion, elle l'est beaucoup moins une fois que le taux d'occupation critique est dépassé. Sur dits d'experts, nous définissons donc un seuil de taux d'occupation moyen de 20%, au-dessus duquel nous considérons que nous ne sommes plus en régime fluide. Au-dessus de ce seuil, la régression linéaire dont nous nous servons ne permet plus de modéliser la relation entre débit et taux d'occupation. Au total, 174 périodes de 3 minutes (16%) sont exclues de l'analyse (la plupart dans la Rue de Rivoli et le Boulevard de Sébastopol).

Le Tableau 7.2.6 ci-dessous compile toutes les statistiques descriptives décrivant les variables utilisées dans la régression présentée dans la section suivante du chapitre. Elles sont données pour toutes les voiries confondues. Notons bien que chaque observation de cette base de donnée est une période de trois minutes.

Variabes	Moyenne	Ecart-Type	Min	Max
Débit moyen Q (veh/h)	979,24	603,78	40	2 640
Flux moyen F (veh/3 minutes/m)	12,11	8,28	0,43	39,60
Taux d'Occupation moyen TO (%)	7,37	3,79	0,60	19,35
Longueur de la voirie (m)	248,16	40,78	200	300
Largeur de la voirie (m)	10,97	2,47	6	16
Double-sens (dum, 1=oui)	0,52	0,50	0	1
Voirie Bus (dum, 1=oui)	0,48	0,67	0	1
Station Velib' (dum, 1=oui)	0,22	0,42	0	1
Stationnement en double-file (dum, 1=oui))	0,51	0,50	0	1
VP en double-file (nombre)	0,13	0,40	0	2
VUL en double-file (nombre)	0,30	0,30	0	3
PL en double-file (nombre)	0,47	0,47	0	4
Surface des véhicules en double-file (m ²)	15,69	19,80	0	100

Tableau 7.2.6 – Statistiques descriptives pour les variables de trafic, de stationnement, et de contrôle lorsque le taux d'occupation est inférieur à 20 (892 observations)

En plus des variables déjà décrites du flux et du taux d'occupation, le tableau décrit aussi les variables de contrôle utilisées qui, nous le suspectons, influent sur la relation entre le flux et le taux d'occupation en plus du simple stationnement en double-file (voir section précédente) : la largeur de la voirie (mesurée précisément par photographie aérienne), la voirie en simple ou

double-sens (constatée par observation), la présence ou non d'une voirie pour les bus (idem) et la présence ou non d'une station vélib (idem).

Les variables de stationnement prennent plusieurs formes. Un véhicule est considéré comme occupant la voirie pour la période entière de trois minutes du moment qu'une partie de son stationnement a lieu sur cette période. D'abord, une variable dummy décrivant s'il y a ou pas un véhicule stationné en double-file dans les trois minutes d'observation qui constituent notre unité d'analyse. Notons que cela concerne une proportion élevée des observations : dans plus de 50% des cas, il y a au moins un véhicule stationné en double-file dans les voiries observées.

Les trois variables suivantes décrivent le nombre de véhicules en double-file, en distinguant entre véhicules particuliers (VP), véhicules utilitaires légers (VUL) et poids lourds (PL). On observe des PL en double-file plus souvent que les autres types de véhicules : d'une part parce que les poids lourds ont davantage tendance à stationner en double-file (voir le chapitre 5), mais aussi parce que leur stationnement dure plus longtemps. Ils sont donc présents sur plus de périodes de trois minutes que les autres véhicules. Enfin, la dernière variable est surfacique. Chaque véhicule est caractérisé par une surface⁷⁵, et ces surfaces sont additionnées pour obtenir la surface totale occupée par les véhicules en double-file, qui peut atteindre 100m² pour une période de trois minutes.

7.3 Mesure de l'impact du stationnement en double-file sur la formation de la congestion

7.3.1 Résultats du modèle économétrique : impact du stationnement en double-file sur la relation flux – taux d'occupation

A l'aide des données décrites dans la section précédente, nous estimons les paramètres du modèle à l'aide de la technique des moindres carrés ordinaires (MCO). Le Tableau 7.3.1 ci-dessous montre ces résultats économétriques, qui expliquent environ 51% de la variation du taux d'occupation observée dans les données. Pour chaque paramètre, nous donnons la valeur et le signe du paramètre, en même temps que l'écart-type (entre parenthèse), et l'intervalle de

⁷⁵ 5m² pour un VP, 8m² pour une fourgonnette (< 2,5T), 12m² pour une camionnette (< 3,5 T), 25m² pour un camion porteur, 40m² pour camion articulé.

confiance de l'estimateur (*p-value*, en italique). Plusieurs modèles sont estimés analysant la relation entre le taux d'occupation et le débit, en prenant en compte différentes variables.

Variables	(1) Simple	(2) Var. Contr.	(3) Stat DF	(4) Véhicules DF	(5) Surf Véhi DF
Constante	3,456 (0,147)	3,759 (0,229)	3,708 (0,229)	3,679 (0,230)	3,686 (0,231)
<i>P> t </i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>
Flux (veh/m/3min)	0,323 (0,011)	0,333 (0,035)	0,329 (0,035)	0,331 (0,035)	0,331 (0,035)
<i>P> t </i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>
Largeur voirie (m)	-	-0,014 (0,004)	-0,018 (0,005)	-0,019 (0,005)	-0,018 (0,005)
<i>P> t </i>		<i>0,001</i>	<i>0,000</i>	<i>0,048</i>	<i>0,000</i>
Double-sens (dum)	-	0,127 (0,039)	0,171 (0,043)	0,183 (0,042)	0,178 (0,043)
<i>P> t </i>		<i>0,001</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>
Voie bus (dum)	-	0,086 (0,022)	0,114 (0,025)	0,117 (0,024)	0,115 (0,024)
<i>P> t </i>		<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,001</i>	<i>0,000</i>
Station vélib (dum)	-	0,023 (0,014)	0,033 (0,016)	0,034 (0,015)	0,034 (0,016)
<i>P> t </i>		<i>0,101</i>	<i>0,027</i>	<i>0,020</i>	<i>0,022</i>
Stat DF (dum)	-	-	0,038 (0,016)	-	-
<i>P> t </i>			<i>0,018</i>		
Nombre véhi en DF	-	-	-	0,022 (0,007)	-
<i>P> t </i>				<i>0,004</i>	
Surface véhi en DF (m²)	-	-	-	-	0,001 (0,000)
<i>P> t </i>					<i>0,012</i>
Observations	892	892	892	892	892
R² ajusté	0,501	0,514	0,517	0,518	0,518
TO observé	7,371	7,371	7,371	7,371	7,371
TO prédit	7,366	7,453	7,371	7,528	7,332
Différence	-0,07%	+1,11%	-0,01%	+0,90%	-0,21%

Tableau 7.3.1 – Résultat économétrique de l'équation (19) (calculs de l'auteur)

Le modèle (1) est le plus simple, puisqu'il envisage simplement l'effet d'une seule variable explicative, le flux, sur la variation du taux d'occupation. Le paramètre est, de manière logique, positif, et significativement différent de zéro. Dit autrement, plus le flux augmente, plus le taux d'occupation augmente. Comme nous l'avons expliqué précédemment, nous ne prenons en compte que la partie « ascendante » de la courbe du diagramme fondamental de la congestion, en ne sélectionnant que les observations pour lesquelles le taux d'occupation est inférieur à 20%. La deuxième partie de la courbe, qui décrirait une relation négative entre le flux et le taux d'occupation (plus le taux d'occupation augmente, plus le flux baisse), n'est donc pas prise en compte dans cette analyse, ce qui permet d'expliquer le signe positif de l'estimateur.

Le modèle (2) inclut les variables de contrôle présentées dans la section précédente : la largeur de la voirie (en mètre), le fait que la rue en question soit à double-sens ou non (dummy), contienne une voie bus ou non (dummy), contienne une station vélib ou non (dummy). Qualitativement, l'impact de ces différentes variables sur le taux d'occupation est cohérent. D'abord, le flux a toujours un effet positif sur le taux d'occupation.

Par contre, la largeur de la voirie a un impact négatif sur le taux d'occupation : plus la voirie est large, moins le taux d'occupation est important, *ceteris paribus*. En d'autres termes, les rues plus larges, à niveau de trafic égal, sont moins affectées par des phénomènes de congestion, les conducteurs ayant plus d'espace pour manœuvrer.

Le coefficient des variables « double-sens », « voirie bus » et « station vélib », au contraire, montrent une relation positive avec le taux d'occupation, ce qui suggère que les automobilistes doivent être plus attentifs aux « conflits » potentiels avec d'autres usagers de la route (véhicule arrivant dans l'autre sens, bus, vélos...). Notons cependant que le coefficient associé à la variable « station vélib » n'est pas statistiquement différent de zéro au seuil de confiance de 5%. Les résultats doivent donc être interprétés avec prudence.

Le modèle (3) incorpore une variable liée au double-file. Dans ce modèle, le phénomène de véhicules en double-file est simplement envisagé de manière binaire (variable dummy) : soit il y a un ou plusieurs véhicules en double-file (plus de 50% des observations), soit il n'y en a pas. Toutes les paramètres de ce modèle sont statistiquement significatifs avec un intervalle de confiance de 5%. La variable du flux et les variables de contrôle ont qualitativement le même impact sur le taux d'occupation que dans le modèle précédent. De plus, la variable « double-file » a un impact positif sur le taux d'occupation : s'il y a du double-file, le taux d'occupation augmente plus vite, à conditions de trafic constantes.

Le modèle (4) tente d'affiner ce constat en ne prenant plus seulement en compte le stationnement en double-file comme une variable binaire, mais comme le nombre de véhicules stationnés en double-file pendant les trois minutes d'une période. Encore une fois, tous les paramètres de ce modèle sont statistiquement significatifs avec un intervalle de confiance de 5%. La variable du nombre de véhicules permet de préciser l'impact du double-file sur la relation entre flux et taux d'occupation, mais va dans le même sens que le modèle précédent : un véhicule stationné en double-file en plus sur la voirie signifie une hausse du taux d'occupation de 0,02% environ.

Enfin, le modèle (5) prend en compte le nombre et la taille des véhicules, puisque la variable choisie pour décrire le stationnement en double-file est la surface des véhicules. Encore une fois, les paramètres sont statistiquement significatifs, et l'effet du flux et des variables de contrôle

est qualitativement similaire aux modèles précédents. De plus, la valeur du R^2 ajusté (prenant en compte le nombre de variables explicatives) des modèles prenant en compte le double-file augmente légèrement avec cette nouvelle variable, ce qui semble indiquer que cette prise en compte permet une meilleure estimation du taux d'occupation.

Nous choisissons de prendre en compte ce modèle pour la suite de l'analyse, étant donné qu'il décrit de la manière la plus fine la quantité de voirie occupée par les véhicules en double-file. On estime que chaque m^2 en plus de véhicule en double-file cause une augmentation du taux d'occupation de 0,001%. Un VUL de 12 m^2 en double-file, par exemple, implique une augmentation du taux d'occupation de 0,012%.

A partir de l'équation (19), et des valeurs de nos paramètres, nous pouvons prédire la valeur du taux d'occupation, et donc la congestion, pour une demande de route donnée et selon les caractéristiques de la voirie. Le Tableau 7.3.1 montre que nos prédictions sont très proches des valeurs observées, quel que soit le modèle considéré. Pour le reste du chapitre, nous nous concentrons sur le modèle (5), permettant de prendre en compte la taille des véhicules qui occupent la voirie en double-file.

$$TO = 3,686 + F \times (0,331 - 0,018 \times L + 0,171 \times DS + 0,114 \times B + 0,033 \times V + 0,001 \times S) \quad (20)$$

La Figure 7.3.1 montre les impacts de différentes dimensions considérées sur le taux d'occupation. Ainsi, elle fait directement référence à la Figure 7.1.4, qui montrait ces relations uniquement de manière théorique. L'abscisse du graphique montre différents niveaux de flux (véhicules par période de trois minutes par mètre de segment de voirie). L'ordonnée montre le taux d'occupation correspondant à ce niveau de flux, en prenant en compte les différentes variables de contrôle du modèle (5).

Pour illustrer le lien entre flux et taux d'occupation, nous prenons en compte les valeurs moyennes des différentes variables, sauf pour deux d'entre elles : la largeur de la rue et la surface des véhicules stationnés en double-file. Les deux courbes bleues correspondent à une rue étroite (6 mètres de largeur), les deux courbes rouges à une rue large (16 mètres). Les courbes pleines correspondent à une situation où de nombreux véhicules sont stationnés en double-file (80 m^2 , par exemple trois camions porteurs et une voiture), les courbes en pointillé à une situation où le double-file est faible (10 m^2 , deux voitures par exemple).

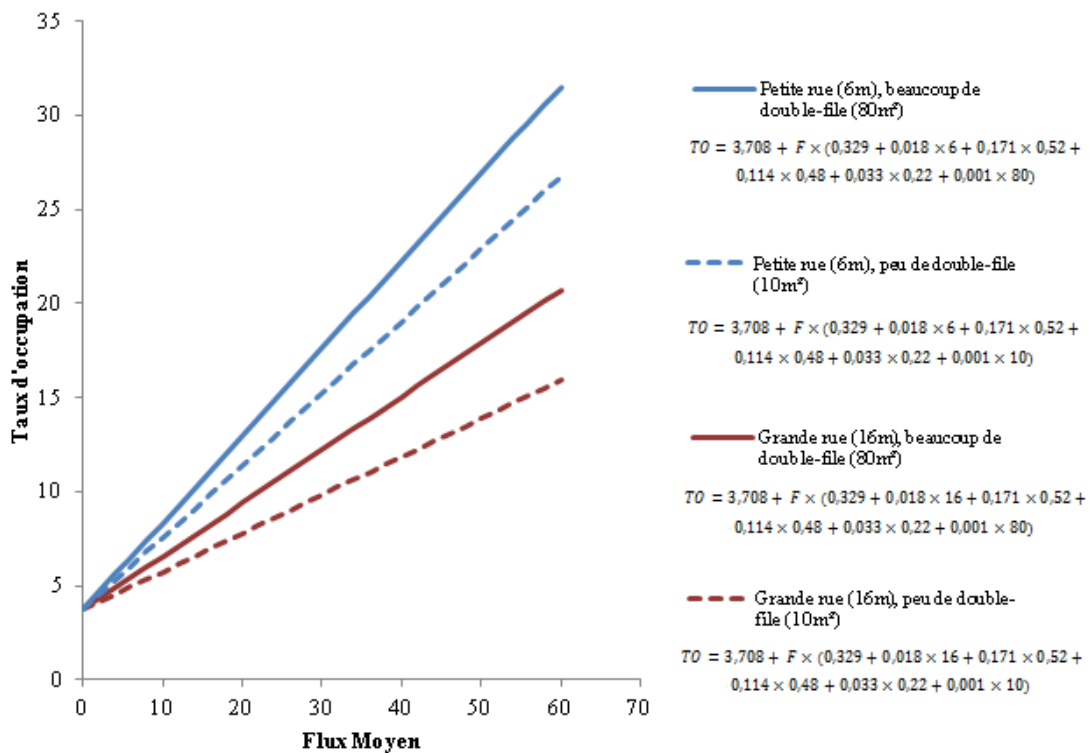


Figure 7.3.1 – Impact du double-file sur la relation flux – taux d’occupation, selon le type de voirie et selon l’importance du double-file (calculs de l’auteur)

On le voit, les courbes correspondent très bien au modèle théorique (à part pour la constante, qui définit l’intercept de la courbe) : si la rue est moins large, le taux d’occupation sera plus élevé, à flux équivalent. S’il y a un phénomène de stationnement en double-file important, le taux d’occupation sera aussi plus élevé, à flux équivalent. Ainsi, on arrive à un taux d’occupation de 15% correspondant à un flux de moins de 25 véhicules par période de trois minutes par mètre de voirie, lorsque la rue est étroite et qu’il y a beaucoup de double-file. Au contraire, dans une rue large avec peu de double-file, on peut estimer qu’il faut environ 60 véhicules pour arriver à un taux d’occupation de 15%.

7.3.2 Limites statistiques et risques de biais de simultanéité

Comme le montre notre analyse, la relation entre flux et taux d’occupation est affectée par la présence de véhicules en double-file sur la chaussée. Ces véhicules réduisent l’espace pour la circulation des autres usagers et dégradent la capacité théorique de l’infrastructure. Plus la surface des véhicules en double-file est importante, plus le taux d’occupation augmente, à flux équivalents et pour une infrastructure aux caractéristiques données. Cela dit, nos estimations reposent sur des méthodes statistiques qui méritent d’être maniées avec précaution.

En particulier, nous reconnaissons que notre analyse statistique souffre probablement d'un « biais de simultanéité ». Dans le cadre d'une régression linéaire multiple comme celle que nous utilisons dans ce chapitre ci-dessus, nous estimons l'impact de plusieurs variables supposées exogènes (indépendantes) sur une variable endogène (dépendante), ici le taux d'occupation. Ces modèles statistiques supposent que les variables explicatives soient indépendantes les unes des autres, et que la variable endogène n'influe pas sur les variables exogènes.

Or, nous avons décrit dans le chapitre 5 la manière dont les chauffeurs-livreurs ont tendance à adopter des stratégies de livraisons qui leur permettent de stationner en limitant, autant que possible, les nuisances qu'ils pourraient produire pour les autres usagers de la route. Par conséquent, il est raisonnable de supposer que, si le double-file impacte le trafic, le trafic impacte probablement lui-aussi la propension à stationner en double-file des conducteurs. Pour le dire autrement, en situation de congestion, il est possible que les conducteurs aient tendance à moins stationner en double-file.

Ce biais d'endogénéité ne remet pas forcément en cause l'impact du double-file sur le trafic (plus il y a de double-file, plus le taux d'occupation augmente). Par contre, les valeurs des paramètres estimés par les différents modèles (voir Tableau 7.3.1) sont à prendre avec précaution : l'intensité de l'impact du double-file sur le trafic est rendu plus difficile à mesurer précisément par la prise en compte de ce biais d'endogénéité.

Afin de tester cette hypothèse, nous proposons d'utiliser une régression linéaire multiple assez simple. Nous conservons toutes les variables exogènes des modèles précédents. Nous y ajoutons certaines variables de contrôle pouvant potentiellement avoir un impact sur la propension des conducteurs, et en particulier des chauffeurs-livreurs (qui représentent plus de 85% des observations) à stationner en double-file.

Variables	Moyenne	Ecart-Type	Min	Max
Pluie (mm/jour)	2,10	6,15	0,00	28,90
Densité police (agent / km ²)	24,21	11,04	5,55	42,81
Ratio offre demande (EVL offre / EVL demande)	2,32	1,14	0,15	3,79

Tableau 7.3.2 – Statistiques descriptives pour les variables contrôle servant au modèle (calculs de l'auteur)

Trois variables de contrôles sont prises en compte (voir Tableau 7.3.2 ci-dessus). La première concerne la météo : on peut faire l'hypothèse que l'intensité de la pluie le jour où a été réalisé le stationnement peut pousser les conducteurs à stationner plus près de leur destination, ce qui

favorise le choix de stationner en double-file.⁷⁶ La seconde concerne la probabilité, pour un conducteur, d'être verbalisé en cas de double-file : la densité d'agents de contrôle des conditions de stationnement dans l'arrondissement où a lieu le stationnement.⁷⁷

La troisième concerne la probabilité de stationner en double-file si les infrastructures de stationnement et les aires de livraisons sont déjà sollicitées par d'autres véhicules. Nous utilisons un ratio entre l'offre en EVL et la demande en EVL, calculés dans le chapitre 6, pour le secteur considéré. Si le ratio est supérieur à 1, alors l'offre en aires de livraisons est suffisante pour la demande des véhicules de marchandises.

Variabes	Modèle
Constante	63,681 (9,063)
<i>P> t </i>	0,000
Flux (veh/m/3min)	-0,327 (0,113)
<i>P> t </i>	0,004
Largeur voirie (m)	3,986 (0,856)
<i>P> t </i>	0,000
Double-sens (dum)	-42,521 (6,912)
<i>P> t </i>	0,000
Voirie bus (dum)	-24,217 (3,121)
<i>P> t </i>	0,000
Station vélib (dum)	-16,602 (2,104)
<i>P> t </i>	0,000
Pluie	0,078 (0,105)
<i>P> t </i>	0,459
Densité police	-1,290 (0,166)
<i>P> t </i>	0,000
Ratio offre-demande	-8,409 (1,513)
<i>P> t </i>	0,000
Observations	892
R²	0.260

Tableau 7.3.3 – Résultat économétrique analysant l'impact du flux et de plusieurs variables de contrôle sur la quantité de véhicules en double-file (X) (calculs de l'auteur)

⁷⁶ Les données pour les jours de pluie proviennent du site de Météo France : elles ont été récoltées en mm de pluie pour chaque jour d'observation.

⁷⁷ Le nombre d'agent par arrondissement à Paris provient d'un rapport de la chambre régionale des comptes Ile-de-France (Cour des Comptes, 2016). Aucune donnée plus fine n'a pu être obtenue, malgré des demandes répétées à la Préfecture de Police.

Le Tableau 7.3.3 ci-dessus montre les résultats économétriques du modèle de régression linéaire multiple. La variable endogène mesurée est la surface de véhicules en double-file. Le R^2 est relativement faible (26% de la variation est expliquée), probablement parce que des variables de contrôle plus précises mériteraient d'être considérées. Qualitativement, la valeur des estimateurs est cohérente.

Plus la voirie est large, plus le double-file est important (mais l'effet est faible). Au contraire, ce double-file est moins important dans les rues à double-sens. La présence d'une voirie pour les bus réduit aussi la propension au double-file, probablement parce que la voirie du bus est l'option privilégiée par les chauffeurs-livreurs lorsqu'elle existe (elle n'est pas considérée comme du « vrai » double-file dans cette analyse). La pluie a tendance à augmenter le double-file, ce qui paraît logique puisqu'elle pousse probablement les conducteurs à stationner plus près de leur destination finale. Par contre, le paramètre n'est pas significatif avec un intervalle de confiance de 5%, donc à interpréter avec précaution. Plus la densité d'agents de contrôle est importante, moins le double-file est important, ce qui encore une fois est logique.⁷⁸ Plus l'offre de stationnement est supérieure à la demande, moins le double-file est important.

Enfin, la variable qui nous intéresse le plus est celle du flux de véhicules : plus le flux est faible, moins la surface de véhicules en double-file est importante. L'effet est relativement faible (-0,3 m² pour 1 véhicules en plus), surtout par rapport aux estimateurs de la constante et des autres variables de contrôle, mais il existe. Autrement dit, le stationnement en double-file est moins important lorsque le flux est faible. Cela va dans le sens de ce que nous présentons dans le chapitre 5 : les chauffeurs-livreurs tendent, lorsque cela est possible, à limiter la gêne qu'ils peuvent provoquer.

Le modèle présenté dans ce chapitre nécessite donc probablement d'être amélioré pour prendre en compte ce biais de simultanéité. Une manière d'approfondir ces résultats, dans des recherches ultérieures, serait d'avoir recours à des systèmes d'équations simultanées⁷⁹ permettant à la fois de prendre en compte l'effet des variables exogènes sur la variable endogène, mais aussi l'effet circulaire des variables endogènes (taux d'occupation et stationnement en double-file) sur les variables exogènes. Dans le cadre de travail, nous nous

⁷⁸ On peut aussi considérer ce résultat comme surprenant étant donné la faiblesse des contrôles du stationnement à Paris.

⁷⁹ Des analyses très exploratoires, utilisant la commande « reg3 » du logiciel Stata, sont reproduites en annexe 9 de ce manuscrit. Elles suggèrent que l'impact du stationnement en double-file sur la relation entre le débit et le taux d'occupation est en réalité sous-estimé dans ce chapitre. Comme nous le soulignons, ces analyses sont exploratoires et mériteraient d'être approfondies dans des travaux futurs. Cela dit, nous gardons à l'esprit cette possible sous-estimation dans l'analyse de nos résultats.

devons tout de même de faire remarquer ce biais de notre analyse, d'autant qu'il fait écho aux résultats de notre chapitre 5.

7.3.3 Pertes de temps et coûts marginaux provoqués par le stationnement en double-file

Même si nos estimations devront être améliorées pour prendre en compte convenablement le probable biais d'endogénéité, ce chapitre montre que le stationnement en double-file a un impact direct sur le taux d'occupation des véhicules sur la voirie. Le Tableau 7.3.4 décrit l'impact du double-file de plusieurs types de véhicules sur le taux d'occupation. Les valeurs de flux et les caractéristiques de la rue sont constantes et fixées à leurs moyennes observées dans l'échantillon. Evidemment, plus le véhicule est grand, plus il occupe une surface importante au sol, « capturant » ainsi une partie de l'offre viaire. En conséquence, il a un impact plus important sur l'augmentation du taux d'occupation. Ainsi, à flux constant, un véhicule stationné en double-file cause une augmentation du taux d'occupation entre 1,1% (pour une voiture) et presque 8% (pour un camion articulé), étant données les caractéristiques physiques de la rue.

Scénarios	Surface (m ²)	F (veh/3mn/m)	TO (%)	ΔTO (%)
Aucun double-file	0	12,11	7,15	na
DF moyen double-file	15,69	12,11	7,36	+2,92
Voiture en double-file	5	12,11	7,23	+1,12
VUL en double-file	12	12,11	7,31	+2,23
Porteur en double-file	25	12,11	7,49	+4,65
Articulé en double-file	42	12,11	7,71	+7,82

Tableau 7.3.4 – Impact du double-file sur le taux d'occupation pour une demande de route et des caractéristiques de voirie moyennes, selon le type de véhicule (calculs de l'auteur)

Par ailleurs, nous avons aussi décrit les relations entre le débit, la concentration, et la vitesse, d'une part (équation 18), et la relation entre le taux d'occupation et la concentration, d'autre part. La conversion de l'état du trafic (exprimé par le flux F et le taux d'occupation TO) en vitesse moyenne sur une voirie (U) peut se faire aisément d'après une formule proposée par Buisson et Lesort (2010) :

$$U = \frac{F \times (lv + b)}{TO} \quad (21)$$

Où lv est la longueur moyenne des véhicules et b est la longueur des boucles électromagnétiques mesurant le trafic. Ici, la longueur moyenne des véhicules considérée est de 6 mètres. Cette longueur est légèrement plus importante que celle d'un véhicule léger (5 mètres

environ) et permet de prendre en compte le fait qu'un certain pourcentage du trafic est composé de poids lourds. La longueur des boucles électromagnétiques est d'1 mètre, à Paris.

Scénarios	U (km/h)	ΔU (%)	Temps perdu individuel (sec)	Temps perdu collectif (sec)	Temps perdu collectif (min)	Coût du DF (€/véhi)
Aucun double-file	23,76	na	na	na	na	na
DF moyen double-file	23,08	-2,84	1,10	66,48	1,11	0,21
Voiture en double-file	23,49	-1,10	0,42	11,66	0,19	0,04
VUL en double-file	23,23	-2,19	0,84	44,07	0,73	0,14
Porteur en double-file	22,70	-4,45	1,75	141,24	2,35	0,45
Articulé en double-file	22,03	-7,25	2,94	474,56	7,91	1,51

Tableau 7.3.5 – Impact du double-file sur la vitesse moyenne du flux, sur le temps perdu, et sur le coût du double-file, selon le type de véhicule (calculs de l'auteur)

A partir de cette formule et des estimations de l'impact du double-file sur le taux d'occupation, on peut calculer l'impact du double-file sur la vitesse des véhicules. Nous pouvons donc estimer le temps perdu par un individu pour parcourir une longueur de segment donnée (248 mètres, valeur moyenne de nos données). En multipliant cette « perte de temps individuelle » par le nombre de véhicules qui utilisent la voirie pendant cette période, et par la durée du stationnement⁸⁰, on peut alors calculer les pertes de temps « collectives ». Enfin, en multipliant cette perte de temps par une valeur du temps standard⁸¹, on peut estimer un coût marginal de congestion lié au double-file dans Paris.

Le Tableau 7.3.5 montre le coût moyen du double-file, selon le type de véhicule. Lorsqu'il n'y a aucun problème, un véhicule traverse (à la vitesse moyenne de 23,76 km/h) un segment de rue de 250 mètres en environ 37,5 secondes. Lorsqu'un camion articulé stationne en double-file, la vitesse baisse à 22 km/h : la traversée prend alors environ 40,5 secondes. Comme un camion articulé reste environ 40 minutes sur la voirie, il va gêner environ 161 véhicules (12,11 * 40 / 3), à qui il va faire perdre environ 3 secondes, soit à peu près 475 secondes, ou presque 8 minutes de pertes collectives. Converti en valeur du temps, le coût du stationnement en double-file d'un camion articulé est d'environ 1,50€. Cette valeur peut être déclinée pour les différents types de véhicules.

Cette valeur varie fortement en fonction du niveau de demande exercée sur la voirie, qui fait fluctuer les différents paramètres : le taux d'occupation, et donc la vitesse, mais aussi le volume de véhicules exposés au double-file et donc les pertes de temps collectives, et le coût du double-

⁸⁰ Le temps moyen de stationnement est de 7 minutes pour les VP (Source : enquête de terrain), 13 minutes pour les VUL, 21 minutes pour les porteurs, et 40 minutes pour les articulés (Source : Enquête TMV, 2014).

⁸¹ 11,5€ par heure, soit 0,2€/minutes environ, d'après les valeurs du rapport Quinet (2013), le document officiel pour l'évaluation socioéconomique des infrastructures de transport en France.

file. Le Tableau 7.3.6 envisage deux voiries enquêtées ci-dessous : la première est le Boulevard de Sébastopol, une rue relativement étroite (par rapport à notre échantillon) à sens unique très empruntée, et l’Avenue Philippe Auguste, large, à double-sens, beaucoup moins fréquentée (se référer au Tableau 7.2.1 pour les caractéristiques de la voirie, et au Tableau 7.2.5 pour le volume du flux).

Scénarios	U (km/h)	ΔU (%)	Temps perdu individuel (sec)	Temps perdu collectif (sec)	Temps perdu collectif (min)	Coût du DF (€/véh)
Aucun Sébastopol	15,94	na	na	na	na	na
DF moy Sébastopol	15,35	-3,70	2,52	152,61	2,54	0,47
Voiture Sébastopol	15,72	-1,45	0,96	26,77	0,45	0,08
VUL Sébastopol	15,49	-2,86	1,93	101,16	1,69	0,32
Porteur Sébastopol	15,02	-5,78	4,02	324,23	5,40	1,03
Articulé Sébastopol	14,46	-9,34	6,75	1 089,41	18,16	3,47
Aucun Ph. Aug.	31,14	na	na	na	na	na
DF moy Ph. Aug.	30,74	-1,30	0,33	19,76	0,33	0,06
Voiture Ph. Aug.	30,98	-0,50	0,13	3,47	0,06	0,01
VUL Ph. Aug.	30,83	-0,99	0,25	13,10	0,22	0,04
Porteur Ph. Aug.	30,50	-2,05	0,52	41,99	0,70	0,13
Articulé Ph. Aug.	30,08	-3,40	0,87	141,08	2,35	0,45

Tableau 7.3.6 – Impact du double-file sur la vitesse moyenne du flux, du temps perdu, et du coût du double-file, selon le type de véhicule et le type de voirie (calculs de l’auteur)

Le coût d’un camion articulé stationné en double-file varie donc entre 50 centimes environ pour une voirie large et relativement peu empruntée comme Philippe Auguste, et 3,50€ pour une voirie moins large et très empruntée comme le Boulevard de Sébastopol. A titre de comparaison, le coût marginal environnemental kilométrique d’un camion est évalué à 1,51€, d’après le Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP, 2013). Le coût du stationnement en double-file peut donc sembler assez faible, selon l’environnement dans lequel il est réalisé. Il faut aussi prendre en compte qu’un véhicule de marchandises peut potentiellement réaliser plusieurs opérations en double-file au cours d’un même parcours.

Plusieurs constats laissent de plus penser que nous sous-estimons cet impact. D’abord, la valeur calculée ici est probablement légèrement sous-estimée, étant donnés les biais d’endogénéité entre les conditions de trafic et l’occurrence du double-file (voir note de bas de page 75). Ensuite, notre analyse ne considère pas les effets potentiels du stationnement sur le trafic en dehors (en amont, notamment), de la zone d’observation. Enfin, nous ne considérons que l’impact du stationnement en double-file lorsque le trafic est en régime fluide. Il n’est pas déraisonnable de penser que son impact peut-être encore plus important en régime saturé (le versant descendant de la courbe du diagramme fondamental de la congestion).

Conclusion

Ce chapitre propose de mesurer empiriquement l'impact du stationnement en double-file des véhicules sur la formation de la congestion. Cette mesure repose sur des concepts élémentaires de l'ingénierie du transport pour ce qui concerne les infrastructures de transport routière. Nous partons en effet des principes du diagramme fondamental de la congestion, définissant la relation entre débit, concentration et vitesse. Nous nous intéressons en particulier à la relation linéaire entre le débit et la concentration (ou plutôt son proxy, le taux d'occupation) en régime fluide. Nous postulons que cette relation dépend à la fois du type de voirie considéré (les formes urbaines physiques) et de l'occupation éventuelle de l'espace par des véhicules stationnés illégalement.

Pour analyser cette relation, nous nous appuyons sur des données de trafic provenant du réseau équipé de boucle électromagnétique de la ville de Paris enregistrant ces deux variables pour des périodes de trois minutes. Notre objectif étant de mesurer l'impact des véhicules en double-file sur cette relation entre débit et taux d'occupation, nous couplons ces données de trafic avec des données d'enquête d'observation de voirie mesurant le nombre et le types de véhicules stationnés pendant ces mêmes périodes de trois minutes. Notre analyse permet de montrer que le double-file peut avoir un impact relativement important sur la formation de la congestion. Nous reconnaissons certaines limites à notre analyse, qui nous conduisent probablement à sous-estimer l'impact du stationnement en double-file. Ces limites sont de plusieurs ordres :

- Biais d'endogénéité liés au fait que si le double-file a un impact statistique sur le trafic, le trafic a aussi un impact statistique sur le double-file, ce qui est d'ailleurs un résultat intéressant en soi, et fait écho aux observations plus qualitatives du chapitre 5.
- Limite de la zone observée considérée : nous ne prenons pas en compte ce qui se passe en amont de l'aire d'étude.
- Non prise en compte de l'impact du stationnement en régime saturé : c'est peut-être là que le stationnement « aggrave » le plus le phénomène de congestion.

Ces limites nécessitent des approfondissements, qui seront proposés dans des recherches ultérieures. Cela dit, ces limites ne nous empêchent pas de faire plusieurs observations.

La stratégie empirique développée dans ce chapitre nous permet de différencier l'impact du double-file sur le trafic en fonction de plusieurs facteurs. D'abord, cet impact fluctue de manière très importante en fonction du type de véhicule (et plus particulièrement de sa taille) : plus le véhicule est grand, plus il « capture » un espace important de la voirie. Son impact sur l'écoulement trafic est donc plus important. Les véhicules de TMV, généralement plus grands que les véhicules particuliers de passagers, ont un impact d'autant plus important qu'ils restent

généralement plus longtemps stationnés. Pour une situation « moyenne », un VUL a un impact quatre fois plus important qu'un VP, un camion porteur un impact 11 fois plus important, et un camion articulé un impact 37 fois plus important.

Ensuite, l'impact sera plus ou moins important en fonction du flux impacté par ce stationnement gênant. Ainsi, l'impact d'un camion en double-file est plus important dans une rue étroite très empruntée que dans une rue large où le trafic est faible. Selon l'environnement dans lequel est réalisé, le coût d'un camion articulé stationné pendant une durée moyenne en double-file peut varier entre 0,45€ et 3,47€. A l'aide des données de l'*Open Data* de la ville de Paris (sur le trafic et les caractéristiques des voiries), et en modélisant les mouvements de marchandises comme on a pu le faire dans le chapitre 6 par exemple, nous pourrions reproduire cette analyse à une échelle plus large. Il serait intéressant, dans des recherches futures d'utiliser les estimateurs calculés ici pour estimer un coût global du double-file pour le réseau principal de la ville de Paris.

Bibliographie du chapitre 7

- Beziat, A. & Koning, M., 2017. Focus sur les conséquences du stationnement en double-file. *TEC*, Avril, p. 29.
- Buisson, C. & Lesort, J.-B., 2010. *Comprendre le Trafic Routier - Méthodes et calculs*. Paris: Editions du CERTU.
- Cao, J., Vasileios, N. & Menendez, M., 2013. *On-street parking near intersections: effects on traffic*. Ascona, Suisse, 13th Swiss Transport Research Conference.
- CGSP, 2013. *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, Paris: Groupe Présidé par Emile Quinet.
- Chen, Q., Conway, A. & Cheng, J., 2015. *The Characteristics and Traffic Impacts of Residential Delivery Activity: A New York City Case Study*. Washington, D.C., USA, Transportation Research Board's 95th Annual Meeting.
- Chiabaut, N., 2015. Investigating Impacts of Pickup-delivery Maneuvers on Traffic Flow Dynamics. *Transportation Research Procedia - 4th International Symposium of Transport Simulation*, Volume 6, pp. 351-364.
- FHA, 1981. *Curbside pickup and delivery operations and arterial traffic impacts*, Washington, D.C., USA: Final Report for the Federal Highway Administration.
- Gao, J. & Ozbay, K., 2015. *Modeling Double-Parking Impacts on Urban Street*. Washington, D.C., USA, Transportation Research Board's 95th Annual Meeting.
- Guo, H., Gao, Z., Yang, X., Zhao, X. & Wang, W., 2012. Modeling Travel Time under the Influence of On-Street Parking. *Journal of Transportation Engineering*, 138(2), pp. 229-238.
- Han, L. D., Chin, S.-M., Franzese, O. & Hwang, H., 2005. Estimating the Impact of Pickup and Delivery Related Illegal Parking Activities on Traffic. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1906, pp. 49-55.
- Jin, C.-J., Wang, W., Jiang, R., Zhang, H. M., Wang, H & Hu, M.-B., 2015. Understanding the structure of hyper-congested traffic from empirical and experimental evidences. *Transportation Research Part C*, Volume 60, pp. 324-338.
- Kerner, B. S., 2009. *Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control - The Long Road to Three-Phase Traffic Theory*. Berlin, Allemagne: Springer.
- Kladefiras, M. & Antoniou, C., 2013. Simulation-Based Assessment of Double-Parking Impacts on Traffic and Environmental Conditions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2390, pp. 121-130.
- Koning, M. & Conway, A., 2016. The good impacts of biking for goods: Lessons from Paris city. *Case Studies on Transport Policy*, 4(4), pp. 259-268.

- Lopez, C., Gonzalez-Feliu, J., Chiabaut, N. & Leclercq, L., 2016. *Assessing the impacts of goods deliveries' double line parking on the overall traffic under realistic conditions*. Bordeaux, 6th Information Systems Logistics and Supply-Chain International Conference.
- Marsden, G., 2006. The evidence base for parking policies - a review. *Transport Policy*, Volume 13, pp. 447-457.
- Marshall, W. E., Garrick, N. W. & Hansen, G., 2008. Reassessing On-Street Parking. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2046, pp. 45-52.
- Portilla, A. I., Oreña, B. A., Berodia, J. L. M. & Diaz, F. J. R., 2010. Using M/M/Queueing Model in On-Street Parking Maneuvers. *Journal of Transportation Engineering*, 135(8), p. 9.
- Small, K. A. & Chu, X., 2003. Hypercongestion. *Journal of Transport Economics and Policy*, 37(3), pp. 319-352.
- Toilier, F., Serouge, M., Patier, D. & Routhier, J.-L., 2015. *Enquête Marchandises en Ville réalisée à Bordeaux en 2012 - 2013*, Lyon: Rapport d'Enquête.
- Ville de Paris, 2016. *Données trafic issues des capteurs permanents*, Paris: Direction de la voirie et des déplacements.
- Ye, X. & Chen, J., 2013. Impact of Curbside Parking on Travel Time and Space Mean Speed of Nonmotorized Vehicles. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2394, pp. 1-9.

Chapitre VIII – Mesure macroscopique de la congestion provoquée par les véhicules de livraisons sur les véhicules particuliers, et vice-versa

Introduction

Les utilisateurs de la voirie payent rarement le coût total (social) de leurs décisions d'emprunter la route (Parry & Small, 2005). Pourtant, ces choix privés provoquent des externalités négatives urbaines très coûteuses, notamment en termes de congestion et de pollution supplémentaire. Ces externalités justifient souvent la mise en œuvre de politiques publiques visant à réduire le trafic dans les villes (OCDE, 1996; ECMT, 2002) : péages urbains, réaménagement de la voirie, politiques de stationnement, investissements et subventions pour les modes de transport massifiés...

Comme on l'a vu dans notre chapitre 1, la « guerre » contre l'automobile menée à Paris, particulièrement depuis le début des années 2000, s'inscrit dans cette mouvance. Ces interventions ont été efficaces dans les villes européennes, si l'on s'intéresse à leurs bilans en termes de réduction des véhicules-kilomètres (vkms) parcourus ces dernières décennies (Commission Européenne, 2015; UITP, 2015). En Ile-de-France, le nombre de déplacement en voiture a diminué de 6% entre 2001 et 2010. L'usage de la voiture est en baisse à Paris et en Petite Couronne, est stable dans les zones denses de la Grande Couronne, et ne progresse plus que dans les zones périurbaines et rurales (OMNIL, 2012).

Malgré ce succès, ces politiques n'ont que peu d'effets sur le nombre de vkms parcourus par les véhicules de marchandises. Les opérateurs de TMV, on l'a vu, ont des impératifs en termes de flexibilité, fiabilité et trajets en porte-à-porte (Shinghai & Fawkes, 2002; Danielis, et al., 2005).

Ces impératifs logistiques rendent le report modal très complexe, étant donné les avantages conséquents dont jouissent les véhicules routiers (poids lourds et VUL) pour livrer les marchandises dans les centres-villes (en France, les péages routiers portent essentiellement sur les tronçons interurbains). En conséquence, agir sur la congestion produite par le fret reste une gageure pour les pouvoirs publics locaux (Nemoto, et al., 2005). En région parisienne, par exemple, les objectifs de réduction des vkms dus au fret ont abouti au développement de projets

comme les Zones d'Action Prioritaire pour l'Air ou ZAPA (Dabanc & Montanon, 2015), et finalement la mise en place d'une Zone à Circulation Restreinte (ZCR) en janvier 2017⁸², l'utilisation des lignes de tramways pour transporter les marchandises (APUR, 2005), ou des tentatives de mise en place de Centres de Distribution Urbaine ou CDU (Dabanc, 2005). Cela dit, peu de ces projets ont effectivement dépassé le stade de l'expérimentation.

Alors que la congestion routière générée par les véhicules de passagers est très souvent étudiée, les analyses mêlant les pertes de temps des passagers et des marchandises sont rares à l'échelle d'une aire urbaine. L'objectif de ce chapitre⁸³ est de proposer une estimation du coût marginal de la congestion provoquée par plusieurs classes de véhicules en compétition sur les routes d'Ile-de-France. Cette analyse propose plusieurs contributions.

D'abord, la recherche académique s'est plutôt concentrée sur l'effet des grands véhicules (poids lourds) sur le temps de parcours des petits (voitures et VUL). Peu d'études analysent l'effet « réciproque ». Dans ce chapitre, nous proposons d'estimer les deux types de pertes de temps. Ainsi, nous distinguons l'impact relatif des poids lourds sur les temps de parcours des petits véhicules, et vice-versa. Ce genre de résultats peut contribuer à la littérature concernant les politiques de péages urbains, notamment (Holguin-Veras & Cetin, 2009; Figliozzi, 2007).

Ensuite, les approches traditionnelles pour mesurer la congestion mobilisent généralement des données simulées ou issues de modèles sophistiqués d'affectation de trafic (Yun, et al., 2010; Ji, et al., 2010; Leurent, et al., 2009). Nous estimons la congestion à un niveau macroscopique, sans analyser précisément l'itinéraire emprunté par les conducteurs. Notre méthode est simple et produit des résultats robustes : elle pourrait donc être appliquée dans d'autres cas d'études.

Enfin, la région parisienne est un cas d'étude intéressant, étant donnée son histoire particulière avec la voiture (voir chapitre 1). L'Ile-de-France est l'une des aires urbaines les plus congestionnées d'Europe : plus de 62% des kilomètres de bouchons enregistrés en France sont localisés en Ile-de-France (URF, 2013), et les conducteurs passaient en moyenne 55 heures par an dans les embouteillages en 2013, ce qui place Paris derrière Londres et Stuttgart seulement en Europe (INRIX, 2014). La contribution du fret à cet état de fait est très peu étudiée. La majorité des études se concentrent en effet sur le transport de passagers (Leurent, et al., 2009; Prud'homme, 1999b).

⁸² <http://www.paris.fr/stoppollution>, consulté le 12/04/2017. La ZCR désigne quartiers et rues parisiennes dans lesquels les automobilistes doivent être munis d'un « certificat qualité de l'air » pour leur véhicule.

⁸³ Ce chapitre est issu d'une recherche présentée à la conférence INUF (International Conference on Urban Freight) à Long Beach en Californie en Octobre 2015 (Beziat, et al., 2015). Elle est également actuellement soumise pour publication dans le journal *Transport Policy* (Beziat, et al., 2016).

Ce chapitre s'organise en quatre sections. Dans la première section, nous présentons la démarche empirique que nous mobilisons pour estimer la congestion routière dans le cadre d'un trafic à plusieurs classes de véhicules. Dans la section 2, nous décrivons les données utilisées et nous donnons quelques informations sur l'offre et la demande de routes dans la région Ile-de-France. Dans la section 3, nous discutons les résultats économétriques. Enfin, nous estimons dans la section 4 les pertes de temps marginales que s'infligent l'une à l'autre les classes de véhicules considérées, afin notamment d'isoler l'impact du transport de marchandises en ville sur la formation de la congestion, et l'impact de la congestion sur les opérations du transport de marchandises en ville.

8.1 Mesure macroscopique de la congestion en Ile-de-France : démarche empirique

8.1.1 Fonction « BPR » et prise en compte des grands véhicules

Comme nous l'avons présenté dans l'Introduction Générale de cette thèse, nous définissons la congestion comme un phénomène apparaissant lorsqu'une infrastructure donnée (caractérisée par une capacité fixe), ne peut plus satisfaire la demande à laquelle elle fait face sans baisse de la qualité de service pour les utilisateurs. Cette définition conduit donc à considérer uniquement les phénomènes de congestion récurrente. Nous ignorons les phénomènes non récurrents comme les perturbations liées aux accidents ou aux travaux sur les infrastructures (Dowling, et al., 2003). De plus, notre définition de la qualité de service est restreinte aux temps de trajets des individus sur la route : nous ignorons les effets de la congestion sur les programmes d'activité des conducteurs (heures de départ et d'arrivée) (Noland & Small, 1995) ou sur la productivité et les états psychologiques des individus (Weisbrod, et al., 2001).

Les ingénieurs du trafic ont développé depuis longtemps diverses méthodes pour mesurer la congestion routière (Spiess, 1990; TRB, 2010; Small & Verhoef, 2007). Ces méthodes se basent sur des analyses du comportement des conducteurs individuels (modèles de poursuite, changements de voies...), ou analysent la capacité des infrastructures, des tronçons de routes. Cette dernière famille de modèles repose généralement sur l'analyse de la relation entre le temps de trajet et les flux de véhicules sur l'infrastructure considérée, notamment formalisée par le *Bureau of Public Road* américain (appelée communément fonction BPR) :

$$D = D^0 \left(1 + \alpha \left(\frac{F}{K} \right)^\beta \right) \quad (22)$$

Où D représente la durée nécessaire pour réaliser 1 km sur l'infrastructure considérée, D^0 est la durée de trajet « à vide » (expliquée par la vitesse maximale autorisée sur l'infrastructure), F est le flux horaire de véhicules (par kilomètre de route) et K est la capacité théorique de l'infrastructure (exprimée en nombre de véhicule par heure par kilomètre, qui est fonction de la largeur et du nombre de voies de l'infrastructure).

Dans ce cadre analytique, la congestion routière est caractérisée par les paramètres α (> 0) et β (> 0). Ils expriment la hausse du temps de trajet comparée au temps de trajet à vide, lorsqu'augmente le rapport débit / capacité, ou *flow-to-capacity ratio* ($FCR = F/K$). La valeur de ces paramètres change en fonction des différents types d'infrastructures routières considérées (Webster & Elefteriadou, 1999).

L'équation (22) ne permet pas de prendre en compte plusieurs classes de véhicules : F est envisagé comme un flux homogène de véhicules aux caractéristiques similaires. Or, les grands véhicules (poids lourds en particulier) peuvent avoir un impact différent sur les temps de parcours de celui des petits véhicules (voitures et VUL). Afin de contourner ce problème, il est possible de différencier le flux total selon les classes « S » (pour *small*, i.e. les petits véhicules) et L (*large*, i.e. les grands véhicules). Ceci implique de réécrire l'équation (22) (SETRA, 2001; Moridpour, et al., 2015) :

$$D = D^0 \left[1 + \alpha \left(\frac{F_S}{K} + \phi \frac{F_L}{K} \right)^\beta \right] \quad (23)$$

Ici, F_S représente le flux horaire de petits véhicules, F_L le flux horaire de grands véhicules et F_T le flux horaire total ($F_T = F_S + F_L$).

L'impact des grands véhicules sur le temps de trajet et la formation de la congestion est ici expliqué par le paramètre ϕ , qui décrit un coefficient d'équivalence (EC) pour un poids lourd parmi les véhicules légers. Le *Highway Capacity Manual* le définit comme « le nombre de véhicules particuliers qui sont remplacés par un seul véhicule lourd d'un type donné selon l'infrastructure et les conditions de trafic » (TRB, 2010).

Les valeurs du coefficient d'équivalence peuvent être extrêmement variées, généralement de 1,5 à 6, et peuvent parfois atteindre 10. Les effets de plusieurs variables sur les valeurs d'EC ont été étudiés (Webster & Elefteriadou, 1999) : la pente de la route, la longueur de la pente, le

pourcentage de camions dans le trafic total, la puissance du moteur du camion considéré, la longueur du camion, le nombre de voies, la vitesse maximale autorisée...

D'une manière alternative, Yun et al. (2010) suggèrent d'adapter l'équation (22) :

$$D = D^0 \left[1 + \alpha \left(\frac{F_S}{K} \right)^\beta \left(1 + \frac{F_L}{F_T} \right)^\delta \right] \quad (24)$$

En comparaison avec l'équation (23), aucun EC n'est utilisé. Le paramètre δ (> 0) décrit plutôt la hausse du temps de trajet lorsque la part de grands véhicules dans le trafic total augmente. On peut noter que les équations (23) et (24) sont strictement équivalentes à l'équation (22) s'il n'y a aucun grand véhicule sur l'infrastructure considérée ($F_L = 0$).

Les équations (22) à (24) présentent un certain nombre de limites. D'abord, elles ne sont plus fiables lorsque le FCR est proche de l'unité, c'est-à-dire pour le régime « d'hyper-congestion » (Verhoef, 2001; Small & Chu, 2003). Quand la capacité de la route est saturée, le véhicule marginal réduit à la fois le temps de trajet et le débit de véhicules en raison de la formation de bouchons à l'entrée des routes (« goulots d'étranglement »). Ceci explique les nombreuses spécifications alternatives proposées par de nombreuses recherches, en particulier pour les infrastructures routières urbaines (Akçelik, 1991; Spiess, 1990).

La deuxième limite qu'on peut mettre en avant est le besoin de données. Le calcul des pertes de temps des individus à l'échelle d'une agglomération entière nécessiterait en effet un volume de données très important. Le problème est que les données de trafic issues de comptage ou de capteurs dans la voirie existent, mais ne sont pas généralisées et pas toujours exploitables. C'est principalement pour cette raison que la plupart des études sur la congestion ont recours à des données de trafic simulées (Yun, et al., 2010; Ji, et al., 2010). Ces méthodes de simulation rendent difficile toute généralisation des résultats d'une infrastructure spécifique aux routes adjacentes.

Enfin, ces équations se concentrent sur un temps de trajet moyen, ce qui est problématique puisque le temps de trajet supplémentaire dû à un véhicule supplémentaire pourrait être très hétérogène. Par exemple, il est vraisemblable que le poids lourd marginal affecte différemment le temps de trajet des petits et des grands véhicules. La démarche empirique proposée ci-dessous permet de régler certains de ces problèmes.

8.1.2 Stratégie empirique : mesure macroscopique de la congestion routière

Dans le cadre de ce chapitre, nous ne tentons pas d'estimer les paramètres structurels des fonctions de congestion illustrées par les équations (23) et (24), comme ont pu le faire Yun et al. (2010), par exemple. Notre approche macroscopique de la congestion repose sur une forme réduite de ce modèle visant à approximer les influences respectives des différentes variables explicatives, en les isolant les unes les autres.

Par ailleurs, notre analyse empirique se concentre sur des temps de trajets individuels réalisés dans de larges zones géographiques, plutôt que sur des vitesses enregistrées sur des segments routiers spécifiques. A notre connaissance, ces mesures macroscopiques de la congestion sont classiques pour l'analyse des trajets de passagers (Prud'homme, 1999b; Mayeres, et al., 1996; Geroliminis & Daganzo, 2008; Couture, et al., 2016), beaucoup moins dans un cadre d'analyse avec plusieurs classes de véhicules.

Nous illustrons cette stratégie empirique à partir de l'équation (24), dans laquelle le flux de poids lourds est exprimé sous la forme de la part des grands véhicules dans le trafic total. Afin de faciliter l'interprétation des résultats, les variables continues dépendantes et indépendantes sont exprimées sous la forme de logarithmes, si bien que les paramètres estimés correspondent à des élasticités.⁸⁴ Le temps de trajet D_{ikt} passé par un individu i , sur un lien origine – destination (OD) k , pendant la période t , est modélisé de la manière suivante :

$$\ln(D_{ikt}) = \mu_0 + \mu_1 \ln(D_{ik}^0) + \mu_2 \ln\left(\frac{F_{iSkt}}{K_{ik}}\right) + \mu_3 \ln\left(1 + \frac{F_{iLkt}}{F_{iTkt}}\right) + \mu_4 X_{ikt} + \varepsilon_i \quad (25).$$

La variable D_{ik}^0 est le temps de trajet à vide pour réaliser le trajet sur l'OD k . Elle ne dépend pas de la période t envisagée et elle est calculée en prenant en compte des vitesses autorisées moyennes sur les différences OD k , ainsi que la distance parcourue par l'individu i pendant son trajet. La variable F_{iSkt}/K_{ik} décrit toujours le FCR de petits véhicules rencontré en moyenne par un individu i . Alors que F_{iSkt} dépend à la fois de l'OD k et de la période t , la capacité de l'infrastructure K_{ik} ne varie que selon l'OD envisagée.

⁸⁴ Nous reconnaissons volontiers que la spécification log-log ne supporte pas l'idée commune que l'on se fait de la mesure de la congestion, pour laquelle tout changement de demande de route devrait avoir pour résultat une augmentation plus que proportionnelle du temps de parcours. Notons cependant que les analyses économétriques présentées dans ce chapitre ont été dupliquées et comparées avec différentes spécifications (notamment sous des formes linéaires, quadratiques ou exponentielles). Les résultats (voir annexe 10.1) sont clairement favorables à la spécification log-log.

Les mêmes commentaires s'appliquent pour la troisième variable, $1 + \frac{F_{iLkt}}{F_{iTkt}}$, qui correspond à 1 plus la part de grands véhicules dans le trafic total rencontrée par l'individu i sur cette OD, pendant cette période.

Enfin, le vecteur X_{ikt} inclut des variables de contrôle supposées influencer la durée du trajet, et ε_i correspond à un terme d'erreur. Ce « bruit » statistique est nécessaire pour estimer empiriquement la valeur des paramètres de l'équation (25), ce que nous faisons via une technique économétrique standard, les moindres carrés ordinaires ou *ordinary least squares* (OLS).

Dans le cadre de cette forme réduite, les paramètres qui nous intéressent principalement sont α_1 , α_2 et α_3 . Ils représentent l'évolution (en pourcentage) du temps de trajet de l'individu i si le temps de trajet à vide, le FCR de petits véhicules et la part de grands véhicules dans le trafic total augmentent de 1% respectivement. Les valeurs de ces élasticités sont supposées être positives.

L'un des obstacles de l'équation (25) est qu'elle fait l'hypothèse implicite que l'effet du trafic est similaire, quelle que soit la classe de véhicule. Afin de relâcher cette hypothèse, nous incluons des « termes d'interaction » :

$$\ln(D_{ikt}) = \mu_0 + \mu_1 \ln(D_{ik}^0) + \mu_2 \ln\left(\frac{F_{iSkt}}{K_{ik}}\right) + \mu_3 \ln\left(1 + \frac{F_{iLkt}}{F_{iTkt}}\right) + I_i^S \left[\mu_1^{\wedge} \ln(D_{ik}^0) + \mu_2^{\wedge} \ln\left(\frac{F_{iSkt}}{K_{ik}}\right) + \mu_3^{\wedge} \ln\left(1 + \frac{F_{iLkt}}{F_{iTkt}}\right) \right] + \mu_4 X_{ikt} + \varepsilon_i \quad (26),$$

Dans laquelle I_i^S est une variable « dummy », égale à 1 si l'individu i conduit un petit véhicule (et à 0 sinon).

Prenons l'exemple d'un individu i conduisant une voiture. Dans ce cas, l'influence du temps de trajet à vide, du FCR de petits véhicules et de la part de grands véhicules sur son temps de trajet sera égale à $(\alpha_1 + \alpha_1^{\wedge})$, $(\alpha_2 + \alpha_2^{\wedge})$ et $(\alpha_3 + \alpha_3^{\wedge})$, respectivement. Au contraire, si l'individu i conduit un poids lourd ($I_i^S = 0$), les élasticités sont simplement α_1 , α_2 et α_3 . La significativité et le signe des paramètres α_1^{\wedge} , α_2^{\wedge} et α_3^{\wedge} nous informent donc sur les réponses différentes des temps de parcours des petits et grands véhicules face aux mêmes conditions de trafic. Ces paramètres peuvent être considérés comme des « primes de sensibilité ».

Nous présentons maintenant les données utilisées pour tester empiriquement cette stratégie assez simple de congestion routière dans le cadre d'un trafic multi-classes. Les données sont construites en trois temps. D'abord, nous calculons l'offre en infrastructures routières pour de

larges zones de la région Ile-de-France. Ensuite, nous agrégeons les flux de passagers et véhicules de marchandises pour estimer le niveau de demande de route par zones. Partant de ces informations, nous calculons le niveau d'offre et de demande rencontré durant chaque trajet individuel.

8.2 Bases de données mobilisées et reconstitution de l'offre et de la demande de routes rencontrées par des individus en Ile-de-France

8.2.1 Mesure de l'offre en infrastructure dans le cadre d'un modèle macroscopique

Notre modèle fonctionne de manière très agrégée, à l'échelle de trois grandes zones de l'Ile-de-France : la ville de Paris, la Petite Couronne et la Grande Couronne (voir Figure 8.2.1). Cette partition de l'Ile-de-France a du sens pour l'analyse de la congestion routière étant données les différences morphologiques importantes entre ces différents espaces, d'une part ; et les formes de mobilités très différentes pour les passagers d'autre part : les trajets motorisés en véhicules particuliers représentent environ 12% des déplacements quotidiens des parisiens et environ 63% des déplacements quotidiens pour les habitants hors agglomération (OMNIL, 2012). Par ailleurs, nous considérons 3 périodes de la journée : la période de pointe du matin (6-9h), la période de pointe de l'après-midi (16-19h), et le reste de la journée.

L'infrastructure routière joue un rôle important pour expliquer la variation des temps de trajet, à travers la vitesse maximale autorisée (nécessaire pour calculer le temps de trajet à vide D_{ik}^0) et la capacité théorique (K_{ik}) rencontrée par les individus durant leurs trajets. L'information sur l'offre de routes provient d'une base de données de l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN).

Puisque nous modélisons la congestion routière à une échelle macroscopique, nous choisissons de ne sélectionner que certaines portions du réseau routier (voir Figure 8.2.1). L'IGN propose une distinction pertinente entre le réseau « principal » et le réseau « secondaire » qui dépend de l'importance du trafic sur chaque route.⁸⁵ Chaque tronçon routier est caractérisé par une

⁸⁵ L'importance des routes n'est pas définie par le caractère « administratif de la route, mais matérialise une hiérarchisation du réseau routier fondée sur l'importance des tronçons de route pour le trafic routier ». Ainsi, les routes sélectionnées sont celles sur lesquelles la majorité du trafic routier francilien circule. Le réseau principal est composé de tronçons de routes « ayant une importance inférieure ou égale à 2, [...] composé d'autoroutes, nationales et voies express » (IGN, 2016).

importance de 1 à 6, 1 étant le plus important. Pour les Petite et Grande Couronnes, nous prenons en compte les segments routiers d'une importance égale à 1 ou 2 (le réseau principal). Pour Paris, qui n'a aucune route d'importance égale à 1 (pas d'autoroute), nous incluons le réseau principal des rues avec une importance égale à 2 ou 3. La base de données contient des informations importantes qui nous permettent de reconstituer l'offre en infrastructure, telle que nous en avons besoin pour développer notre démarche.



Figure 8.2.1 – Les infrastructures routières de l’Ile-de-France prises en compte dans l’analyse
(Source : IGN, 2015)

D’abord, la BD Topo de l’IGN se présente sous la forme d’un fichier SIG géo référencé contenant tous les tronçons de routes du réseau francilien. Une fois les tronçons pertinents sélectionnés, la longueur de chaque tronçon est calculée à partir d’un outil SIG (QGis). La table attributaire du fichier SIG comprend aussi un nombre de voies, ce qui permet de calculer une moyenne (pondérée par la longueur de chaque tronçon) de nombre de voies par kilomètre de route pour les grandes zones de l’Ile-de-France.

La BD Topo contient ensuite deux variables utilisées pour estimer la vitesse maximale autorisée et la capacité théorique des infrastructures, par macro-zone : la classe administrative de la route (autoroute, nationale, départementale, autre), et la nature de la route (autoroute, quasi-autoroute, bretelle, route à 1 chaussée, route à 2 chaussées). Des vitesses moyennes sont appliquées pour les départementales et les nationales (respectivement 70 et 90 km/h). Le Boulevard Périphérique est doté d'une vitesse maximale de 70 km/h. Les rues dans Paris sont dotées d'une vitesse maximale moyenne de 35 km/h. Les autoroutes ont fait l'objet d'un traitement spécial, avec une application de la vitesse maximale autorisée tronçon par tronçon (généralement entre 110 et 130 km/h).⁸⁶ Les autres routes sans classe administrative ont vu leur vitesse maximale moyenne portée à 50 km/h. Une vitesse maximale moyenne pondérée par la longueur des segments est ensuite attribuée à chaque macro-zone.

Enfin, à l'aide des classes administratives et des vitesses maximales autorisées, chaque segment se voit attribuer une capacité théorique. La capacité théorique standard d'une route généralement utilisée dans ce genre d'analyse est d'environ 2 200 véhicules par voie et par heure (TRB, 2010). En réalité, cette valeur correspond aux standards d'une autoroute américaine. Bien sûr, cette valeur unique ne représente pas forcément bien la spécificité des routes françaises.

Par conséquent, nous nous servons de valeurs existantes pour les infrastructures routières urbaines françaises, qui vont de 1 000 véhicules par voie par heure pour les réseaux locaux urbains à 1 800 véhicules par voie par heure pour une autoroute urbaine typique, et une capacité théorique intermédiaire de 1 250 véhicules par voie par heure pour des grands boulevards urbains (Appert & Chapelon, 2007). On peut noter que les capacités sont exprimées en UVP, ou « unité de véhicules particuliers », basée par convention sur des EC de 2 voitures pour un camion en France.⁸⁷

Des statistiques décrivant l'offre en infrastructure routière sont présentées dans le Tableau 8.2.1 ci-dessous. La capacité théorique et les vitesses maximales autorisées augmentent avec la distance au centre de l'agglomération. Elles reflètent bien les différences importantes de nature des infrastructures considérées dans les différentes macro-zones.

⁸⁶ La vitesse maximale a été reconstituée à l'aide de : <http://routes.wikia.com/wiki/Autoroute> (consulté le 29/01/2016), qui détaille les caractéristiques chaque autoroute francilien (et français) tronçon par tronçon.

⁸⁷ Il est possible que les capacités théoriques proposées par Appert et Chapelon (2007) soient trop basses et considèrent des parts de poids lourds dans le trafic total plus élevées que celles de notre analyse (ces caractéristiques de la capacité théorique ne sont malheureusement pas publiées). Des analyses de sensibilité (voir annexe 10.2) concluent que les changements induits par prise en compte d'une capacité théorique plus élevée dans les résultats de ce chapitre sont relativement marginaux.

	Paris	Petite Cour.	Grande Cour.	Ile-de-France
(1) Longueur des routes (km)	213,9	1 187,9	4 761,9	6 163,8
(2) Nombre de voies (/km)	2,1	2,5	2,1	2,2
(3)=(1)*(2) Kilomètres de voies	438,2	2 869,1	9 973,2	13 280,5
Vitesse maximale moyenne (km/h)	52,3	92,5	86,2	86,3
Capacité théorique (veh./km de voies/h)	1 047,3	1 359,8	1 243,9	1 259,5
Capacité théorique totale (x1,000 vkm/jour)	11 014,2	93 635,6	297 755,7	401 437,2

Tableau 8.2.1 – L’offre en infrastructure en Ile-de-France : statistiques descriptives

(Source : IGN, BD TOPO, calculs de l’auteur)

8.2.2 La demande en infrastructures : matrices OD pour les voyageurs et les marchandises

Afin d’approximer les conditions de trafic rencontrées par les individus durant leur trajet, nous mobilisons des informations provenant de flux agrégés en Ile-de-France. Le volume total de trajets réalisés par les véhicules particuliers, les VUL et les poids lourds est estimé à l’aide de deux sources distinctes.

Pour les flux de passagers, nous avons recours à l’Enquête Globale Transport de 2010. Cette EMD (Enquête Ménages Déplacements) sur la mobilité des personnes a été réalisée pour la région Ile-de-France au même moment que l’enquête TMV. Elle suit une méthodologie standard mise en place par le CERTU (CERTU, 2013). L’enquête repose sur un échantillon de 18 000 ménages et 143 000 déplacements sur une semaine. Chaque trajet au sein d’un déplacement est pondéré à partir de plusieurs variables, dont la taille du ménage, le type de logement et un profil de la personne interrogée (constitué à partir d’une trentaine de variables). L’EGT nous donne des informations précieuses sur les trajets : le mode de transport, la durée, les heures de départ et d’arrivée, ainsi que la commune d’origine et de destination. En appliquant les poids donnés par l’enquête, cela nous permet de produire une matrice Origine / Destination de véhicules particuliers en Ile-de-France.

Les flux de marchandises sont obtenus en utilisant le logiciel Freturb (Routhier & Toilier, 2007). La méthodologie de calcul du logiciel est décrite de manière plus détaillée dans le chapitre 2 de cette thèse. L’approche de Freturb diffère de la plupart des modèles à 4 étapes traditionnels. D’abord, le logiciel génère les mouvements de marchandises depuis les établissements selon leur taille, leur type d’activité et la nature de leurs locaux. Ensuite, des fonctions de distance sont générées selon le type d’établissement, de véhicules utilisés, la densité d’opération, et la nature de l’opérateur de transport. Enfin, les trajets sont distribués via un algorithme du « plus court chemin ». L’output de ce procédé est une matrice OD de trajets de véhicules, qui peut être distinguée selon la période de la journée et selon le type de véhicule (notamment en distinguant les VUL des PL). En données d’input, le fichier Altarès décrit dans

le chapitre 2 a été utilisé. Il est retravaillé pour « simuler » un fichier SIRENE classique (changement des noms des catégories et des modalités, notamment, pour le conformer à la nomenclature SIRENE).

Le Tableau 8.2.2 montre les matrices OD correspondant aux différents types de véhicules, pour une journée de semaine moyenne. D’abord, on compte environ 16,4 millions de flux quotidiens. La plupart d’entre eux concernent des trajets de véhicules particuliers (94,1%). Les trajets de véhicules de marchandises sont répartis presque également entre les VUL (56,8%) et les poids lourds (43,1%), et les VUL représentent environ 3,5% des petits véhicules. La plupart des flux (70%) concernent la Grande Couronne, mais cette proportion tombe à 51,1% pour le fret. Au contraire, les flux de marchandises représentent environ 6% des flux franciliens, mais près de 18,5% des flux liés à la ville de Paris (en origine ou en destination). La plupart des flux de véhicules particuliers (92,7%) sont réalisés de banlieue à banlieue et ne concernent pas Paris.

Véhicule	Paris			Petite Couronne			Grande Couronne			Ile-de-France		
	VP	VUL	PL	VP	VUL	PL	VP	VUL	PL	VP	VUL	PL
Depuis Paris	569 493	102 259	64 792	398 789	36 634	22 885	154 645	29 167	18 563	1 122 928	168 061	106 239
Depuis PC	396 248	36 634	22 885	3 764 401	110 149	83 115	682 358	40 125	43 012	4 843 007	186 908	149 012
Depuis GC	162 813	29 167	18 563	678 548	40 125	42 986	8 591 280	132 451	106 430	9 432 642	201 743	167 979
Depuis IDF	1 128 555	168 061	106 239	4 841 738	186 908	148 986	9 428 284	201 743	168 005	15 398 577	556 711	423 230

Tableau 8.2.2 – La demande de route : flux de véhicules particuliers (VP), véhicules utilitaires légers (VUL) et poids lourds (PL) (Source : EGT et Freturb)

8.2.3 Données pour les observations individuelles et caractérisation en fonction de l’offre et de la demande rencontrées

Les estimations économétriques des sections suivantes du chapitre sont basées sur des informations individuelles, des trajets de véhicules particuliers et de véhicules de marchandises. D’abord, chaque observation de l’EGT peut être considérée comme un trajet de véhicule particulier. En plus de la durée du trajet et de la période de la journée, l’EGT nous donne des informations sur le motif du trajet (domicile-travail ou non, notamment), ou la disponibilité de places de stationnement à destination. Notons que la distance parcourue donnée dans l’EGT est une distance euclidienne, ou « à vol d’oiseau ». Afin de la convertir en distances « réseau », nous utilisons un facteur correctif multipliant les distances par 1,3, qui est un standard calculé par le CERTU pour les aires urbaines françaises (CERTU, 2005).

Pour les observations individuelles de trajets pour les véhicules de marchandises, nous mobilisons à nouveau les données de l’enquête TMV et de son volet « Chauffeurs-Livreurs »,

uniquement cette fois-ci le volet « Embarqués » (voir chapitres 2, 4 et 5). Au total, 345 parcours sont décrits précisément par un enquêteur embarqué dans le véhicule. Ces 345 parcours sont décomposés en environ 2 000 trajets individuels. Chaque trajet est caractérisé par plusieurs variables : Origine / Destination, période de la journée, durée et distance du trajet (déjà une distance « réseau », puisqu'il s'agit de relevés de compteurs kilométriques des véhicules par l'enquêteur). Par ailleurs, pour chaque trajet, nous avons aussi des informations concernant le chargement du véhicule. Ce poids en chargement est reconstitué, pour chaque parcours, à partir du poids chargé / déchargé pendant les mouvements. Pour chaque trajet, nous connaissons aussi le type de stationnement à destination et pouvons donc distinguer les trajets qui ont une infrastructure de stationnement disponible à destination.

Le principal challenge méthodologique est de fusionner les différentes bases de données pour déterminer le niveau des variables de trafics permettant d'expliquer la durée du trajet dans les équations (25) et (26) : la durée à vide du trajet, le FCR de petits véhicules, et la part de grands véhicules dans le trafic total. Le niveau de chacune de ces différentes variables rencontrées par un individu i durant son trajet dépend de son OD et du niveau d'offre et de demande qu'il rencontre dans chacune des zones qu'il traverse, selon la période de la journée à laquelle il effectue son déplacement. Si les trajets intra-zonaux ne posent pas de problème, beaucoup de flux sont réalisés entre les zones et doivent être traités avec une méthode spécifique.

Pour clarifier les choses, prenons l'exemple d'un individu i qui effectue un trajet entre Paris et la Grande Couronne. Cet individu fait face aux vkms (parcourus par les VP, VUL ou PL) tout au long de cette OD, à l'intérieur de Paris, de la Petite Couronne et de la Grande Couronne. De plus, il rencontre également les vkms qui sont parcourus entre les OD qu'il croise. D'une manière similaire, il fait aussi face à des niveaux d'offres d'infrastructures différentes selon qu'il est dans Paris, la Petite Couronne, ou la Grande Couronne.

Afin de régler ce problème, les flux observés en Ile-de-France sont reconstruits sous la forme de flux intra-zonaux et sont pondérés en fonction de la distance euclidienne que chaque lien traverse dans chaque grande zone. Afin de créer plus de variabilité dans les conditions de trafic individuelles, nous faisons le choix de diviser l'Ile-de-France en 40 plus petites zones⁸⁸ (voir la 1^{ère} carte, Figure 8.2.2). Ensuite, le centroïde de chaque zone est connecté à tous les autres par un lien, à l'aide d'un logiciel SIG (carte 2, Figure 8.2.2). Chaque lien, représentant une OD potentielle, est ensuite divisé à chaque intersection avec les contours des grandes macro-zones. Chaque flux est donc divisé en plus petits arc intra-zonaux, caractérisé par une distance (en

⁸⁸ Ces zones correspondent à une agrégation des secteurs de tirage de l'EGT, ayant permis de construire les matrices OD. Le même zonage est d'ailleurs utilisé pour la sortie Freturb.

km), afin que le volume total de vkms parcourus (VP, VUL, PL) puisse être calculé pour chaque macro-zone (carte 3, Figure 8.2.2) et chaque période de la journée.

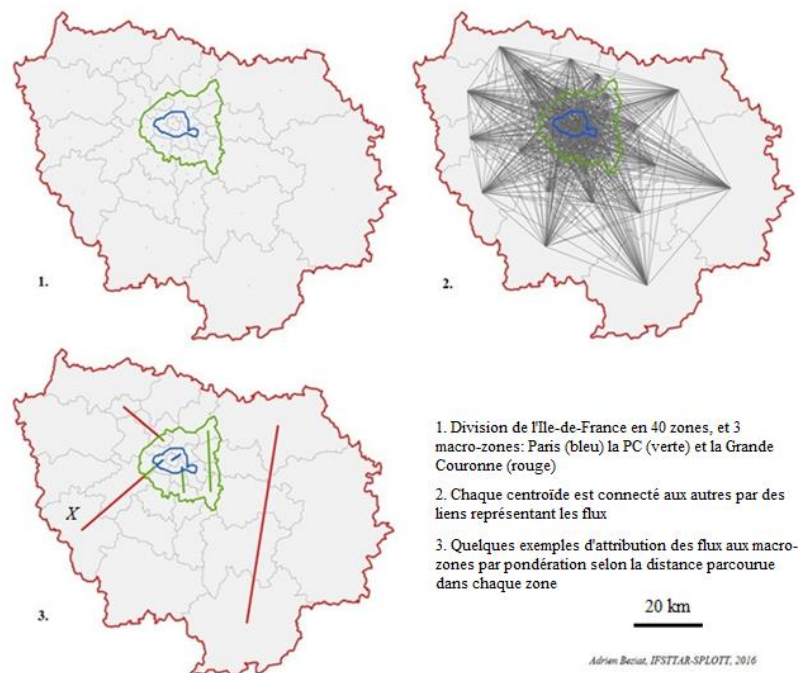


Figure 8.2.2 – Attribution des flux aux différentes macro-zones (Source : auteur)

Afin d'illustrer le processus, nous pouvons prendre l'exemple du lien X, qui figure sur la carte 3 de la Figure 8.2.2. Ce lien connecte le Sud-Ouest de Paris et le Sud-Ouest de la Grande Couronne. La distance euclidienne de ce lien est environ de 42 km. Sur cette distance totale, 2,8 km sont réalisés dans Paris (6,7%), 6,5 km sont réalisés dans la Proche Couronne (15,4%) et 32,7 km sont réalisés dans la Grande Couronne (77,9%).

D'après les données de l'EGT, ce lien X est caractérisé par un flux de VP de 904 durant la période de pointe du matin. Le nombre total de vkms parcourus en VP sur le lien X est donc de 37 968. Sur ce volume de vkms, 2 544 sont attribués à Paris (6,7%), 5 847 sont attribués à la Petite Couronne (15,4%) et 29 577 sont attribués à la Grande Couronne (77,9%). Cette méthode nous permet de calculer un volume de vkms intra-zones à partir de flux OD de différentes sources de données. Quant à l'offre en infrastructure, elle est, par nature, fixe et donc intrazonale. Nous disposons donc d'une offre et d'une demande exprimées en vkms par grande période de la journée, au sein de chaque macro-zone.

Une fois que l'offre et la demande en infrastructure routière sont estimées pour chaque macro-zone (par un processus similaire pour tous les liens $X \neq X$), on peut estimer l'offre et la demande pour chaque individu traversant les différentes zones. On considérera qu'un individu qui réalise un trajet sur le lien X rencontre la demande et l'offre en infrastructure parisienne sur 6,7% de

la distance de son trajet. Il rencontrera l'offre et la demande de la Petite Couronne sur 15,4% de son parcours et celle de la Grande Couronne sur 77,9% de son parcours. Ainsi, l'offre et la demande auxquelles fait face un individu sont pondérées sur les différents liens.

Un autre problème méthodologique est la grande différence entre le nombre d'observations pour les trajets de VP et les trajets de marchandises (voir le Tableau 8.2.3). Nous avons la description précise de 36 000 trajets pour les passagers (EGT) et de seulement un peu plus de 2 000 trajets pour les marchandises (TMV). Afin de donner la bonne importance à chaque observation dans nos régressions, nous choisissons de pondérer chaque trajet selon son poids dans les flux par type de véhicule, OD (en prenant les trois macro-zones), et période de la journée. Le poids P_{vkt} de chaque trajet est :

$$P_{vkt} = \frac{f_{vkt}}{Nb_{vkt}} \quad (27)$$

Où f_{vkt} est le flux d'un type de véhicule v (VP, VUL, PL) sur l'OD k à la période t , divisé par le nombre d'observations pour chaque combinaison de véhicule / OD / périodes.

	Tous les véhicules		Petits véhicule		Grands véhicules	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Durée du trajet (min)	22,2	20,3	22,0	20,1	28,1	27,8
Distance (km)	9,2	13,1	9,0	12,9	15,5	18,6
Vitesse max. autorisée (km/h)	85,2	8,6	85,3	8,4	80,8	13,4
Durée à vide (min)	6,6	9,3	6,4	9,1	11,2	13,1
FCR de petits véhicules (%)	27,5	23,9	27,2	23,5	39,0	32,8
FCR de grands véhicules (%)	1,0	1,2	1,0	1,2	1,8	1,8
Part de grands véhicules dans le trafic (%)	3,7	1,7	3,7	1,7	4,3	1,5
Petits véhicules (%)	97,4	16,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Véhicules de marchandises (%)	6,0	23,7	3,4	18,2	100,0	0,0
Trajets pour le travail (%)	42,6	49,5	41,1	49,2	100,0	0,0
Disponibilité de stationnement (%)	85,0	35,7	86,3	34,3	47,6	50,0
Périodes de pointe (%)	48,3	50,0	48,3	50,0	47,1	50,0
Paris - Banlieue (%)	8,0	27,1	7,7	26,7	19,2	39,4
Banlieue - Banlieue (%)	87,8	32,8	88,4	32,1	65,6	47,5
Observations	50 848/39 478		48495/37125		2353/2353	

Tableau 8.2.3 – Offre et demande d'infrastructure rencontrées par les individus

(Source : BD Topo, EGT et Freturb, calculs de l'auteur)

Le Tableau 8.2.3 propose des statistiques descriptives pour ces observations individuelles. Il montre aussi des informations sur le but des trajets et la disponibilité de stationnement, qui sont

considérées comme des variables de contrôle.⁸⁹ Les trajets individuels sont réalisés en moyenne en 22 minutes, sur 9 kilomètres. Les grands véhicules passent plus de temps sur la route (28 minutes), probablement parce qu'ils parcourent des distances plus longues (15,5 km). Le FCR de petits véhicules moyen est de 27% et les poids lourds comptent pour 3,7% du trafic total (exprimé en vkm). Les grands véhicules font face à des conditions de trafic plus mauvaises que les petits véhicules. A peu près 50% des observations correspondent aux heures de pointe, 43% des trajets sont réalisés pour des raisons professionnelles⁹⁰, et environ 86% des trajets en moyenne ont une place de stationnement à destination (seulement 48% pour les camions).

8.3 Mesure de l'effet des poids lourds sur la durée des trajets des petits véhicules, et vice-versa

8.3.1 Résultats du modèle économétrique : des fonctions de congestion différenciées selon le type de véhicule

A l'aide des données décrites dans la section précédente, les équations (25) et (26) sont estimées à l'aide de la technique des moindres carrés ordinaires (MCO). Le Tableau 8.3.1 ci-dessous présente les résultats économétriques, qui expliquent environ 70% de la variation du temps de trajet observée dans les données. De plus, tous les coefficients sont statistiquement significatifs au seuil de confiance de 1%.

Le modèle (1) est le plus simple, utilisant seulement les trois principales variables explicatives : la durée à vide, le FCR de petits véhicules et la part des grands véhicules dans le trafic total. Ces paramètres ont, de manière prévisible, une valeur positive. Plus la durée minimum et la demande de route (de petits ou grands véhicules) augmentent, plus la durée du trajet est importante. Pour le dire autrement, nos estimations montrent bien un phénomène de congestion. Pour rappel, nos paramètres estimés avec la spécification log-log correspondent à des élasticités : une augmentation de 1% du FCR de petits véhicules rencontrés durant le voyage signifie donc une augmentation de la durée du trajet de 0,13%. De plus, 1% de plus dans la part des grands véhicules dans le trafic total signifie une hausse de la durée du trajet de 0,99%.

⁸⁹ Alors que l'information sur la demande et l'offre en infrastructure varie selon trois périodes de la journée et 6 OD, nous considérons uniquement 2 périodes (de pointe ou creuse) et trois OD (Paris – Banlieue, Banlieue – Banlieue et Paris – Paris) comme variables de contrôle.

⁹⁰ Tous les déplacements de marchandises sont considérés comme ayant un but professionnel.

Variables	(1) Simple	(2) Var. Contrôle	(3) Petits	(3') Grands	(4) Termes inter.	(5) FCR<0.8
Log(durée à vide)	0,526 (0,000)	0,523 (0,000)	0,516 (0,000)	0,692 (0,001)	0,684 (0,001)	0,685 (0,001)
Log(FCR petits)	0,126 (0,000)	0,211 (0,000)	0,214 (0,000)	0,011 (0,002)	0,124 (0,001)	0,163 (0,001)
Log(1+part grands)	0,994 (0,007)	1,424 (0,009)	1,369 (0,009)	2,686 (0,062)	2,828 (0,049)	3,051 (0,056)
Petits*Log(durée à vide)	-	-	-	-	-0,167 (0,001)	-0,170 (0,001)
Petits*Log(FCR petits)	-	-	-	-	0,086 (0,001)	0,047 (0,001)
Petits*Log(1+part grands)	-	-	-	-	-1,414 (0,049)	-1,595 (0,056)
Petits (dum.)	-	-0,109 (0,001)	-	-	0,325 (0,003)	0,289 (0,004)
Marchandises (dum.)	-	-0,427 (0,001)	-0,438 (0,001)	-	-0,430 (0,001)	-0,410 (0,001)
Travail (dum.)	-	0,032 (0,000)	0,035 (0,000)	-	0,035 (0,000)	0,033 (0,000)
Stationnement (dum.)	-	-0,074 (0,000)	-0,087 (0,000)	0,050 (0,001)	-0,076 (0,000)	-0,069 (0,000)
Périodes de pointe (dum.)	-	-0,119 (0,001)	-0,123 (0,001)	0,091 (0,003)	-0,115 (0,001)	-0,114 (0,001)
Paris - Banlieue (dum.)	-	0,147 (0,001)	0,115 (0,001)	0,200 (0,003)	0,126 (0,001)	0,136 (0,001)
Banlieue - Banlieue (dum.)	-	0,134 (0,001)	0,103 (0,001)	0,100 (0,003)	0,112 (0,001)	0,115 (0,001)
Constante	2,314 (0,000)	2,539 (0,001)	2,486 (0,001)	1,426 (0,004)	2,130 (0,003)	2,156 (0,004)
Observations	50 848	39 478	37 125	2 353	39 478	37 734
R ²	68,5	70,5	70,2	79,4	70,7	68,9
Durée observée	22,2	22,2	22,0	28,1	22,2	20,8
Durée prédite	22,4	21,7	21,5	28,5	21,6	20,5
Différence	0,9%	-2,3%	-2,3%	1,7%	-2,7%	-1,4%

Tableau 8.3.1 – Résultats des équations (25) et (26) (Source : calculs de l'auteur)

Le modèle (2) inclut les différentes variables de contrôle. Les trajets de banlieue sont plus longs que les trajets parisiens, une fois les conditions de trafic prises en compte. De plus, les conducteurs qui ont une place de stationnement disponible à destination passent moins de temps de trajet, étant donnée la réduction du temps passé à chercher une place de stationnement.

Les déplacements sont plus longs quand la mobilité est motivée par des raisons professionnelles. Surtout, la dummy « petits véhicules » a un effet négatif sur le temps de parcours, ce qui signifie que les VP et les VUL ont des durées de trajets plus courtes que les PL, *ceteris paribus*. Les trajets sont aussi moins longs s'ils concernent un déplacement de marchandises ou s'ils sont réalisés en heures de pointe.⁹¹

⁹¹ Ce résultat, peut-être surprenant au premier abord, ne l'est pas réellement. Des analyses complémentaires (voir annexe 10.3) montrent que la dummy « périodes de pointe » a un impact positif sur la durée du trajet si l'on ne

Les modèles (3) et (3') cherchent à détailler cette différence entre petits et grands véhicules, avec une analyse réalisée sur deux sous-échantillons : l'un concernant seulement les petits véhicules (3) et l'autre seulement les grands (3'). Le Tableau 8.3.1 montre que l'élasticité de la durée du trajet, en prenant en compte la durée à vide, est un peu plus importante pour les grands véhicules que pour les petits. De plus, nous observons que les effets de la congestion ne sont clairement pas homogènes selon la classe de véhicule considérée. Par exemple, les VP et VUL sont plus impactés que les PL par un changement de 1% de FCR de petits véhicules. Au contraire, 1% de grands véhicules en plus dans le trafic total a un effet deux fois plus important sur le temps de parcours des PL que sur celui des petits véhicules.

Le modèle (4) est celui que nous favorisons puisque l'utilisation des termes d'interaction permet de travailler avec toute l'information. Les signes des primes de sensibilité sont négatifs pour la durée à vide et pour la demande de route : pour un trajet donné (caractérisé par une vitesse maximale, une distance parcourue et une demande de route), les petits véhicules voyagent plus vite que les grands. Le signe positif du terme d'interaction avec le FCR de petits véhicules montre que les voitures et les VUL sont plus perturbés par le flux environnant de petits véhicules que les poids lourds. Ces résultats sont cohérents avec ceux des modèles (3) et (3'). Ils illustrent le besoin de prendre en compte des fonctions de congestion différentes selon les classes de véhicules.

Enfin, le modèle (5) est le même que le modèle (4), sauf qu'il ne prend pas en compte les observations rencontrant un FCR de petits véhicules plus fort que 0,8 (6% de notre échantillon). Ce ratio peut être considéré comme le seuil d'hyper-congestion. Même si les valeurs des coefficients changent légèrement, les résultats sont qualitativement similaires.

8.3.2 Des résultats économétriques à la définition de fonctions de durée des trajets

Etant donnée la spécification log-log utilisée dans le modèle économétrique décrit dans les sections précédentes, la durée de trajet individuelle peut être réécrite comme :

$$D_{ikt} = A(D_{ik}^0)^{\mu_{1*}} \left(\frac{F_{Skt}}{K_k} \right)^{\mu_{2*}} \left(1 + \frac{F_{Lkt}}{F_{Tkt}} \right)^{\mu_{3*}} \quad (28),$$

contrôle pas l'estimation par les variables décrivant les conditions du trafic. Le signe négatif du Tableau 8.3.1 est peut-être dû à une conduite plus « agressive » des individus pendant les périodes de pointe.

Où $A = \exp(\mu_0 + \mu_4 X_{ikt})$ est une constante⁹² ; $\mu_{j*} = \mu_j^{\wedge} + \mu_j$ si l'individu i conduit un petit véhicule et $\mu_{j*} = \mu_j$ s'il conduit un grand véhicule.

A partir de l'équation (28) et des valeurs de nos paramètres, nous pouvons prédire les temps de trajets des individus. Comme l'illustre le Tableau 8.3.1, les prédictions sont très proches des valeurs observées, quel que soit le modèle considéré. Pour le reste du chapitre, nous nous concentrons sur le modèle (4), qui utilise toute l'information statistique à notre disposition, au contraire des modèles segmentant l'échantillon. A partir des valeurs des paramètres ($\mu_{1S} = 0.684 - 0.167 = 0.517$, $\mu_{1L} = 0.684$, $\mu_{2S} = 0.124 + 0.086 = 0.210$, $\mu_{2L} = 0.124$, $\mu_{3S} = 2.828 - 1.414 = 1.414$ and $\mu_{3L} = 2.228$), les temps de trajets moyens peuvent être prédits pour différentes conditions de trafic.

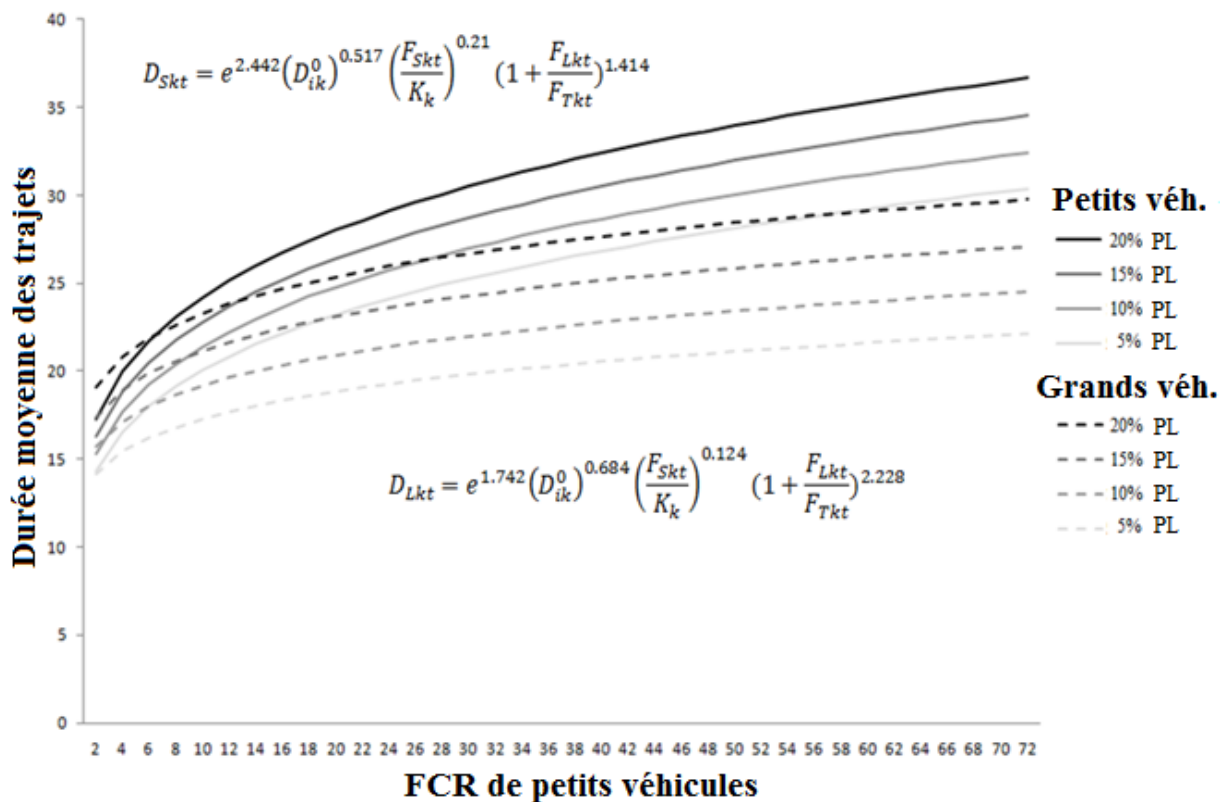


Figure 8.3.1 – Impacts de la congestion, différenciés selon le type de véhicule et les conditions de trafic (Source : calculs de l'auteur)

La Figure 8.3.1 montre les impacts de la congestion selon différentes conditions de circulation, selon que l'individu conduit un petit ou un grand véhicule. L'abscisse du graphique correspond à différentes valeurs du FCR de petits véhicules. L'ordonnée décrit quant à elle la durée moyenne des trajets. Les courbes pleines correspondent aux petits véhicules, tandis que les

⁹² La constante A est calculée à partir des valeurs moyennes des variables de contrôles, leurs paramètres respectifs et l'intercept de la régression.

courbes en pointillés correspondent aux grands véhicules. Les deux types de courbes sont représentés afin d'illustrer différentes parts de grands véhicules dans le trafic total (de 5 à 20%).

La demande d'infrastructure routière a un effet clair sur la durée du trajet, quel que soit le type de véhicule. Si les poids lourds représentent 5% du trafic total, la durée de trajet des petits véhicules augmente de 15 (en cas de trafic insignifiant) à 27 minutes quand le FCR de petits véhicules est de 70%. Pour les poids lourds, cette durée monte à 20 minutes environ. Comme le montrent les pentes des deux fonctions, les petits véhicules sont beaucoup plus sensibles que les poids lourds aux autres petits véhicules. D'un autre côté, ils sont moins sensibles à la part de grands véhicules dans le trafic total : si le FCR est de 15%, la variation du temps de trajet entre 5% de poids lourds et 10% de poids lourds dans le trafic total est de +6,7% pour les petits véhicules et +10,9% pour les poids lourds.

8.3.3 Les pertes de temps marginales : causées par qui, à qui ?

A l'aide de nos résultats, nous pouvons estimer l'effet d'un VP/VUL ou PL marginal sur les temps de trajets. Pour cela, il nous paraît important de distinguer les pertes de temps à trois niveaux. D'abord, les pertes de temps pour un individu i causé par un vkm additionnel. Cette perte de temps marginale est écrite sous la forme des équations (29) et (29'), selon que le vkm additionnel est réalisé par des petits et des grands véhicules, respectivement :

$$\frac{\partial D_i}{\partial F_S} = \frac{A(D_i^0)^{\mu_{1*}} \mu_{2*} \left(\frac{F_S}{K}\right)^{(\mu_{2*}-1)} \left(1 + \frac{F_L}{F_T}\right)^{\mu_{3*}}}{K} \quad (29),$$

Et :

$$\frac{\partial D_i}{\partial F_L} = \frac{A(D_i^0)^{\mu_{1*}} \mu_{3*} \left(\frac{F_S}{K}\right)^{\mu_{2*}} \left(1 + \frac{F_L}{F_T}\right)^{(\mu_{3*}-1)}}{F_T} \quad (29').$$

Bien sûr, ce vkm supplémentaire de demande sur la route n'affecte pas seulement un individu. Il impacte tous les conducteurs voyageant sur l'OD en question, à la période en question. Pour cela, les pertes de temps « collectives » peuvent être obtenues en multipliant les résultats des équations (29) et (29') par la demande de chaque classe de véhicule (F_S et F_L), utilisant les infrastructures considérées. Enfin, les individus ne parcourent pas un vkm, en moyenne. Il est donc possible de calculer l'effet d'un trajet « moyen » marginal, en prenant en compte la distance moyenne parcourue. Le Tableau 8.3.2 résume ces trois pertes de temps, calculées pour des conditions de trafic moyennes, pour trois grandes OD et deux périodes de la journée.

<i>Causé par/à</i>	Pertes individuelles pour un vkm supp. (10 ⁻³ seconds)				Pertes collectives pour un vkm supp. (min.)				Pertes collectives pour un trajet supp. (min.)			
	<i>P/P</i>	<i>G/P</i>	<i>P/G</i>	<i>G/G</i>	<i>P/P</i>	<i>G/P</i>	<i>P/G</i>	<i>G/G</i>	<i>P/P</i>	<i>G/P</i>	<i>P/G</i>	<i>G/G</i>
IDF	0,010	0,065	0,007	0,155	4,52	28,30	0,13	2,82	40,79	487,9	1,20	43,64
Pointes	0,018	0,112	0,012	0,258	5,01	31,94	0,13	2,82	45,57	481,1	1,21	42,44
Creuses	0,008	0,049	0,006	0,121	4,55	28,34	0,14	2,98	40,93	448,9	1,27	47,22
Paris-Paris	0,116	0,714	0,040	0,828	3,84	23,59	0,06	1,28	15,39	56,63	0,25	3,08
Pointes	0,260	1,542	0,091	1,842	4,05	24,09	0,09	1,89	15,55	63,36	0,36	4,98
Creuses	0,085	0,530	0,026	0,539	4,01	24,85	0,05	1,08	16,58	54,92	0,21	2,38
Paris-Ban.	0,016	0,098	0,009	0,190	9,05	56,97	0,21	4,43	173,8	1,395	4,01	108,4
Pointes	0,029	0,182	0,016	0,332	10,62	66,90	0,26	5,49	226,5	1,759	5,56	144,2
Creuses	0,012	0,076	0,007	0,143	8,84	55,64	0,19	4,13	157,3	1,277	3,45	94,78
Ban.-Ban.	0,010	0,060	0,006	0,135	4,22	26,44	0,13	2,76	35,33	418,5	1,10	43,67
Pointes	0,016	0,103	0,010	0,217	4,72	30,12	0,12	2,50	39,79	440,9	0,99	36,66
Creuses	0,007	0,045	0,005	0,108	4,25	26,38	0,15	3,08	35,31	446,1	1,22	52,15

NB : « P » et « G » font référence respectivement aux petits et aux grands véhicules

Tableau 8.3.2 – Pertes marginales selon l'OD et la période (Source : calculs de l'auteur)

Le Tableau 8.3.2 montre les pertes causées par les différentes classes de véhicules aux différentes classes de véhicules (P = petits, G = grands). L'interprétation spatiale et temporelle de ces résultats varie beaucoup selon le type d'indicateur. Si l'on regarde les pertes de temps individuelles, les trajets aux heures de pointe dans Paris ont les valeurs les plus élevées (même si exprimées en 10⁻³ secondes), alors que les trajets en banlieue hors pointes ont les pertes de temps les plus basses.

Au contraire, les pertes de temps collectives les plus importantes causées par un vkm ou un trajet moyen marginal peuvent être trouvées pour un trajet Paris – Banlieue (10,9 minutes par vkm), et les plus basses dans Paris (5,1 minutes/vkm). Ceci s'explique par le fait que, malgré les pertes individuelles plus importantes, il y a moins de véhicules exposés à Paris que dans les banlieues (voir Tableau 8.2.2). Notons, par ailleurs, que Leurent et al. (2009), à l'aide d'un modèle d'affectation de trafic pour l'Ile-de-France, ont estimé les pertes de temps collectives provoquées par un vkm d'un VP à 5,1 minutes à Paris durant les heures de pointe, ce qui est très proche de nos résultats.

Cet exercice simple nous procure deux résultats intéressants. Comme nous l'avons présenté dans l'introduction de ce chapitre, peu d'études s'intéressent aux impacts des petits véhicules sur les temps de trajet des grands. Le Tableau 8.3.2 montre des résultats intéressants concernant cet aspect. Lorsque l'on s'intéresse aux pertes individuelles, les petits véhicules ont légèrement plus d'impact sur les VP et les VUL, que sur les grands véhicules (0,018*10⁻³ secondes/vkm contre 0,012*10⁻³ secondes/vkm pour l'Ile-de-France, pendant les périodes de pointes). Cela dit, les choses sont très différentes lorsque l'on prend en compte tous les conducteurs perturbés

par un vkm marginal de petits véhicules : les pertes collectives infligées aux petits véhicules sont au moins trente fois plus importantes que celles infligées aux grands véhicules, étant donnée la faible part des grands véhicules dans le trafic total.

Enfin, nos résultats montrent qu'un poids lourds marginal inflige des pertes de temps environ 6,6 fois plus importantes qu'un petit véhicule marginal, quelles que soient l'OD ou la période considérée. En considérant les pertes de temps moyennes à l'échelle régionale, une voiture marginale génère des pertes de temps égales à 4,7 minutes par vkm, alors que la valeur correspondante pour un poids lourds marginal est d'environ 30 minutes par vkm. Parmi les valeurs de coefficients d'équivalence pour les poids lourds, cette valeur est en haut de la gamme (voir la section 8.1.1).

Par ailleurs, cette valeur est plus élevée que celle utilisée en France pour des modèles d'affectation de trafic de 2-2,5 (SETRA, 2001). Par contre, notre méthode pourrait être utilisée pour calculer des coefficients d'équivalence pour différents niveaux de trafic, différentes compositions et différentes capacités routières. Dans la section suivante, nous proposons de convertir ces pertes de temps marginales en coûts marginaux de congestion, en utilisant des valeurs du temps standard et d'autres coûts de transport en Ile-de-France. Les différents paramètres sont proposés de manière différenciée pour plusieurs OD, périodes de la journée et types de véhicules.

La conséquence directe de ces résultats est qu'il nous semble nécessaire de distinguer à la fois l'impact d'un véhicule sur les flux environnant, le nombre de véhicules qui génèrent cet impact, et le nombre de véhicules qui sont soumis à cet impact.

Véhicules	Flux % total	Pertes coll. pour un trajet		Pertes coll. * flux		Pertes coll. Totale %
		Causés aux petits	Causés aux grands	Causés aux petits %	Causés aux grands %	
VP	15 398 577 94,0%	40,79	1,2	628 664 667 73,3%	18 478 292 49,1%	647 142 959 72,3%
VUL	556 711 3,4%	40,79	1,2	22 708 242 2,6%	668 053 1,8%	23 376 295 2,6%
PL	423 230 2,6%	487,9	43,64	206 493 917 24,1%	18 469 757 49,1%	224 963 674 25,1%
Petits (VP+VUL)	15 955 288 97,4%	-	-	651 372 909 75,9%	19 146 346 50,9%	670 519 254 74,9%
Marchandises (VUL+PL)	979 941 6,0%	-	-	229 202 159 26,7%	19 137 810 50,9%	248 339 969 27,7%
Total	16 378 518	-	-	857 866 826	37 616 103	895 482 928

Tableau 8.3.3 – Pertes de temps totales, selon le type de véhicule (calculs de l'auteur)

Ainsi, si les camions génèrent un impact bien supérieur à celui des petits véhicules, il n'en reste pas moins que les petits véhicules représentent 94% des flux d'Ile-de-France (voir Tableau

8.2.2). Ainsi, en prenant en compte les valeurs moyennes pour l'Ile-de-France des Tableaux 8.2.2 et 8.3.2, on peut estimer les pertes de temps totales liées à la congestion.

On voit ainsi dans le Tableau 8.3.3 que les VP sont responsables de plus de 70% des pertes de temps, notamment pour les petits véhicules. Par contre, les PL, qui ne représentent que 2,6% des flux de véhicules en Ile-de-France, sont responsables de 25% des pertes de temps en Ile-de-France. Au total, le transport de marchandises (VUL et PL confondus) cause 27,7% des pertes de temps de trajets routiers, alors que ces véhicules représentent 6% des flux seulement.

8.4 Coûts marginaux de congestion

En économie des transports, on considère traditionnellement que la sous-tarifcation des réseaux routiers provoque un usage trop important de ces réseaux (Small & Verhoef, 2007). Les conducteurs imposent un coût marginal de congestion (CM) aux autres usagers de la route, qui forme avec le coût privé (CP) d'utilisation des réseaux le coût social (CS) de la congestion :

$$CS = CM + CP \quad (30).$$

Pour calculer ces coûts, nous distinguons trois types de véhicules : les véhicules particuliers (VP), les véhicules utilitaires légers (VUL) et les poids lourds (PL). Le coût privé du type de véhicule x peut être exprimé sous la forme de :

$$CP_x = Dist_x * m_x + VT_x * \phi_x * D_x(F_S, F_L) \quad (31),$$

Où $Dist_x$ est la distance parcourue, m_x est le coût kilométrique, VT_x est la valeur du temps (pour les individus et les marchandises transportés par les véhicules), ϕ_x est le chargement du véhicule. Ensuite, $D_x(F_S, F_L)$ représente la durée du déplacement, qui est une fonction à la fois du flux de petits véhicules (F_S) et du flux de grands véhicules (F_L), comme nous l'avons montré au cours de ce chapitre.

Comme nous avons calculé l'impact en temps de trajet d'un vkm marginal parcouru par les différents types de véhicules (voir le Tableau 8.3.2 dans la section précédente), il est possible de calculer un coût marginal kilométrique dû à la congestion. Pour une voiture, par exemple :

$$CM_{vp} = \frac{\partial CP_{vp}}{\partial F_{vp}} * F_{vp} + \frac{\partial CP_{vul}}{\partial F_{vp}} * F_{vul} + \frac{\partial CP_{pl}}{\partial F_{vp}} * F_{pl} \quad (32).$$

Pour l'exprimer autrement, le coût marginal de congestion d'une voiture peut se diviser en trois composantes : ce vkm supplémentaire augmente le coût privé de toutes les autres voitures, mais aussi des VUL et des PL sur la route.

Le Tableau 8.4.1 ci-dessous présente les différents paramètres utilisés dans nos calculs. Le coût kilométrique prend en compte le carburant, l'entretien du véhicule, les coûts assurantiels, les coûts d'amortissement de l'achat du véhicule et les taxes. Les estimations sont calculées par l'outil de simulation du Conseil National Routier pour un poids lourds moyen circulant en milieu urbain (CNR, 2014) et par l'Observatoire des Véhicules d'Entreprises pour les VP et VUL (OVE, 2013).

Les valeurs du temps (VT) de trajet pour les passagers et les marchandises proviennent du rapport Quinet (2013), le document officiel pour l'évaluation socioéconomique des infrastructures de transport en France. Le salaire des conducteurs provient de chiffres donnés par la Convention Collective nationale des opérateurs de transport, pour les milieux urbains (SOES, 2012). Le poids en chargement provient de données de l'enquête des chauffeurs-livreurs.⁹³

	VP	VUL	PL
Coût kilométrique (€/km)	0,271	0,365	0,842
Source	OVE, 2013	OVE, 2013	CNR, 2014
Occupation personnes/veh)	1,3	1,0	1,0
Source	Certu	-	-
Chargement (tonnes/veh)	0,0	0,294	1,941
Source	-	ETMV, CL	ETMV, CL
VT des individus (€/heure)	10,7	9,8	9,8
Source	Quinet, 2013	SOES, 2012	SOES, 2012
VT des marchandises (€/tonne/heure)	0,0	0,6	0,6
Source	-	Quinet, 2013	Quinet, 2013

Tableau 8.4.1 – Valeurs et sources pour les différents coûts envisagés

Le Tableau 8.4.2 résume les résultats des coûts moyens marginaux de congestion, le coût privé moyen et le coût social moyen du transport routier en Ile-de-France. Les coûts marginaux de congestion des VP, VUL et PL sont égaux à 1,051 euros/vkm, 1,077 euros par vkm et 7,397 euros/vkm. Pour tous les types de véhicules, la plupart des coûts privés (89 à 94%) sont infligés aux VP, ce qui s'explique par le fait que les voitures représentent la majorité du trafic.

⁹³ La valeur du poids en chargement peut sembler faible. Il s'agit d'une valeur moyenne calculée pour différents trajets au cours de tournées. Il faut donc prendre en compte le fait que le poids en chargement diminue au fur et à mesure de l'avancement de la tournée, lorsque les différentes marchandises sont livrées. De plus, cette valeur moyenne prend aussi en compte des départs / retours à vide de véhicules en début / fin de tournée.

<i>Causés par</i>	Véhicules Particuliers				Véhicules Utilitaires Légers				Poids Lourds			
<i>Causés à</i>	<i>Tous</i>	<i>VP</i>	<i>VUL</i>	<i>PL</i>	<i>Tous</i>	<i>VP</i>	<i>VUL</i>	<i>PL</i>	<i>Tous</i>	<i>VP</i>	<i>VUL</i>	<i>PL</i>
CM (eu/vkm)	1,051	0,983	0,047	0,022	1,077	1,012	0,042	0,023	7,397	6,607	0,274	0,515
		(93,5%)	(4,5%)	(2,0%)		(94,0%)	(3,9%)	(2,1%)		(89,3%)	(3,7%)	(7,0%)
CP (eu/vkm)	0,854	-	-	-	0,604	-	-	-	1,173	-	-	-
CS (eu/vkm)	1,905	-	-	-	1,681	-	-	-	8,570	-	-	-
CM % du CS	55,2	-	-	-	64,1	-	-	-	86,3	-	-	-
Autres coûts marginaux liés au transport routier												
CO2 (eu/vkm)	0,040				0,028				0,053			
Polluants locaux (eu/vkm)	0,158				0,323				1,866			
Bruits (eu/vkm)	0,043				0,043				0,431			
Accidents (eu/vkm)	0,080				0,080				0,203			
Entretien des routes (eu/vkm)	0,008				0,012				0,215			
Congestion (eu/vkm)	1,413				1,413				3,030			

Tableau 8.4.2 – Structure et coûts marginaux pour le transport en Ile-de-France (Sources : European Handbook, 2015, et calculs de l’auteur)

Nous notons aussi qu’une part légèrement plus élevée du coût marginal des PL (7%) est infligée aux autres PL. Ceci s’explique par le fait que les grands véhicules sont plus impactés par d’autres grands véhicules, comparés aux petits véhicules. De plus, nous estimons que la part du coût marginal de congestion, au sein du coût social, est plus importante pour les véhicules de fret que pour les véhicules de passagers (55%). Et cette part est bien plus importante pour les PL (86%) que pour les VUL (64%), puisque les poids lourds ont un impact plus important sur les pertes de temps.

Le Tableau 8.4.2 montre aussi d’autres coûts marginaux du transport routier dans les aires urbaines, provenant de la littérature spécialisée. Ces chiffres confirment que la congestion routière est généralement désignée comme l’externalité négative la plus coûteuse, quel que soit le type de véhicule considéré.

En faisant la somme de tous les coûts externes qui ne concernent pas directement la congestion, on trouve des valeurs de 0,329 euros / vkm, 0,486 euros / vkm et 2,768 euros / vkm pour les VP, VUL et PL respectivement. En conséquence, les impacts de la congestion routière sont 2 à 3 fois plus importants par rapport aux coûts externes liés à la pollution, la sécurité routière, l’entretien des infrastructures, etc. Par rapport aux coûts marginaux de congestion proposés par le European Handbook (2015), les estimations présentées dans ce chapitre sont plus importantes pour les poids lourds et plus faibles pour les petits véhicules.

Enfin, le Tableau 8.4.3 différencie les coûts marginaux de congestion par grande OD et par période de la journée (heures de pointe / heures creuses). En lien avec les résultats du Tableau

8.3.2, les coûts marginaux sont clairement plus élevés pour les liens entre Paris et la Banlieue. Ceci est cohérent avec l'importance de la demande, qui est à son niveau le plus élevé pour cette OD. Le coût des VP et des VUL étant très similaire, nous notons que le coût marginal des PL est encore une fois substantiel. Enfin, nous remarquons le fait que les coûts marginaux de congestion changent assez peu entre les heures de pointe et les heures creuses.

	VP	VUL	PL
Paris - Paris			
<i>Heures Creuses</i> (eu/vkm)	0,918	0,918	5,830
<i>Heures de pointe</i> (eu/vkm)	0,922	0,930	5,769
Paris - Banlieue			
<i>Heures Creuses</i> (eu/vkm)	2,027	2,333	15,201
<i>Heures de pointe</i> (eu/vkm)	2,406	2,913	17,055
Banlieue - Banlieue			
<i>Heures Creuses</i> (eu/vkm)	0,981	1,087	7,717
<i>Heures de pointe</i> (eu/vkm)	1,108	1,202	7,926

Tableau 8.4.3 – Coûts marginaux de congestion pour différents types de véhicules selon l'OD et la période de la journée (Source : calculs de l'auteur)

Les paramètres de coûts de congestion de ce chapitre peuvent, à notre avis, être utilisés de manière pertinente pour évaluer des politiques de transport dans la région Ile-de-France. Ils peuvent ainsi servir à évaluer les temps de trajet économisés grâce à différentes formes de politiques publiques visant à réduire le nombre de vkms parcourus dans un espace de l'agglomération (restrictions d'accès pour les véhicules, report modal, projets d'espaces logistiques urbains...).

Etant donnée la pression grandissante pour les véhicules motorisés dans le centre de l'agglomération parisienne et notamment dans la ville de Paris, nos estimations pourraient également permettre de calculer des gains de temps (et de productivité) pour les opérateurs de fret qui bénéficieraient d'une baisse de vkms parcourus par d'autres usagers. Enfin, ce travail pourrait être utilisé pour évaluer des formes de tarification optimale de l'utilisation de l'infrastructure routière en prenant en compte un trafic multi-classes, comme le proposent Holguín-Veras et Cetin (2009) par exemple.

Conclusion

Ce chapitre propose une méthodologie simple pour évaluer la congestion routière dans un cadre multi-classe, à une échelle macroscopique, celle de la région Ile-de-France. Des enseignements peuvent être tirés de cet exercice empirique, qui propose plusieurs contributions.

D'abord, il nous semble pertinent et relativement accessible de prendre en compte la « congestion réciproque ». La plupart des études s'intéressent aux impacts des camions sur les temps de trajet des voitures. Notre modèle simplifié, inspiré des fonctions BPR standards et s'appuyant sur des termes d'interaction, nous permet d'estimer en plus l'influence des petits véhicules sur le temps de trajet des camions. Même si le phénomène apparaît faible quantitativement (étant donnée la part relativement faible des poids lourds dans le trafic total), cela permet de donner une image plus complète de la structure des pertes de temps causées par une demande excessive de l'infrastructure routière.

La conséquence directe de ces résultats est qu'il nous semble nécessaire de distinguer à la fois l'impact d'un véhicule sur les flux environnant, le nombre de véhicules qui génèrent cet impact, et le nombre de véhicules qui sont soumis à cet impact. On peut ainsi distinguer les pertes de temps marginales causées à un véhicule, des pertes de temps marginales « collectives », c'est-à-dire qui affecte tous les véhicules. Ainsi les pertes, pour un individu, sont plus importantes sur un trajet Paris – Paris, étant données les conditions du trafic. Mais les pertes collectives sont plus importantes sur une OD Paris – Banlieue en raison du grand nombre d'utilisateurs de l'infrastructure qui y sont exposés. Cette distinction entre l'effet pour un individu, et le nombre d'individus exposés à cet effet nous semble très importante à souligner.

De manière similaire, les pertes de temps causées par un camion supplémentaire sont à peu près six fois supérieures à celles causées par un petit véhicule, ce qui est une estimation supérieure à celle qu'on trouve dans la plupart des manuels pour l'analyse du trafic. Cela dit, les flux des véhicules de passagers représentent environ 94% des flux de véhicules en Ile-de-France. Les voitures particulières restent donc tout de même responsables de plus de 70% des pertes de temps liées à la congestion routière. Les poids lourds, qui ne représentent que 3% du trafic, sont responsables de 25% de ces pertes de temps. On peut estimer que le transport de marchandises, petits et grands véhicules confondus, est responsable de 27% des pertes de temps. Il faut donc distinguer aussi l'impact d'un individu sur le trafic, et le nombre d'individus qui cause cet impact.

Pour conclure, nous pensons que notre approche, assez simple, pourrait être transposée à d'autres aires urbaines. De manière intéressante, nos résultats sont assez similaires à certaines estimations passées de pertes de temps causées par les véhicules particuliers en Ile-de-France. De plus, les enquêtes sur la mobilité des passagers, et les informations sur les infrastructures routières sont des données assez communes dans la plupart des régions urbaines du monde.

Le seul prérequis problématique, en termes de données, concerne des trajets de véhicules de marchandises qui restent relativement rares. Cela dit, les collectes de données se multiplient

dans de nombreuses villes dans le monde (Allen, et al., 2014; Figliozzi, et al., 2007). Notre stratégie empirique pourrait être transposée pour produire des estimations locales de la congestion, à un coût relativement modeste. Enfin, nos résultats empiriques pourraient être utiles dans des analyses de politiques publiques visant à réduire le nombre de vkms parcourus par les véhicules transportant des passagers ou des marchandises.

Bibliographie du chapitre 8

- Akçelik, R., 1991. Travel time functions for transport planning. *Australian Road Research*, 21(3), pp. 49-59.
- Allen, J., Ambrosini, C., Browne, M., Patier, D., & Routhier, J.-L., 2010. Data collection for understanding urban goods movements: Comparison of collection methods and approaches in European countries. Dans: *Sustainable urban logistics concepts, methods and information systems*. Berlin, Allemagne: Springer, pp. 71-90.
- Appert, M. & Chapelon, L., 2007. The variability of road networks: application to London. Dans: *Graph and Networks*. London, UK: ISTE, pp. 3-30.
- APUR, 2005. *Le projet Tram-Fret – Mise en place d'un transport de marchandises par le tramway*, Paris: Note de l'APUR 69.
- CERTU, 2005. *Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages-déplacements*, Paris: Rapport du CERTU.
- CERTU, 2013. *Les enquêtes déplacements "Standard CERTU": EMD, EDVM, EDGT*, Paris: Rapport du CERTU.
- CNR, 2014. *Les coûts du TRM, quelles perspectives pour 2015 ?*, Paris: Rapport de l'observatoire économique du TRM.
- Commission Européenne, 2015. *EU transport in figures*, Bruxelles, Belgique: Statistical pocketbook, European Commission.
- Couture, V., Duranton, G. & Turner, M. A., 2016. Speed. *LIEPP Working Paper*, Volume 51.
- Dablanc, L., 2005. *French strategic approach to urban consolidation*, Londres, UK: Bestufs II First Workshop.
- Dablanc, L. & Montenon, A., 2015. Impacts of Environmental Access Restrictions on Freight Delivery Activities - Example of Low Emissions Zones in Europe. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2478(2), pp. 12-18.
- Danielis, R., Marcucci, E. & Rotaris, L., 2005. Logistics managers' stated preferences for freight service attributes. *Transportation Research Part E*, Issue 41, pp. 201-215.
- Dowling, R., Skabardonis, A., Carroll, M. & Wang, Z., 2003. Methodology for measuring recurrent and nonrecurrent traffic congestion. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1856, *Transportation Research Board*, 1867(1), pp. 60-68.
- ECMT, 2002. *Implementing sustainable urban travel policies*, Bruxelles, Belgique: European Conference of Ministers of Transport.
- Figliozzi, M., 2007a. *The impacts of congestion on commercial vehicle characteristics and costs*. Long Beach, USA, 2nd National Urban Freight Conference.
- Figliozzi, M. A., Kingdon, L. & Wilkitzki, A., 2007. *Analysis of Freight Tours in a Congested Urban Area Using Disaggregated Data: Characteristics and Data Collection Challenges*. Long Beach, CA, USA, Proceedings 2nd Annual National Urban Freight Conference.
- Geroliminis, N. & Daganzo, C. F., 2008. Existence of urban-scale macroscopic fundamental diagrams: some experimental findings. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(9), pp. 759-770.
- Holguín-Veras, J. & Cetin, M., 2009. Optimal tolls for multi-class traffic: Analytical formulations and policy implications. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(4), pp. 445-467.
- INRIX, 2014. *The future economic and environmental costs of gridlock in 2030 – an assessment of the direct and indirect economic and environmental costs of idling in road traffic congestion to households in the UK, France, Germany and the USA*, Kirkland, USA: Report for INRIX.
- Ji, Y., Daamen, W., Hoogendoorn, S., Hoogendoorn-Lanser, S. & Qian, X., 2010. Investigating the shape of the macroscopic fundamental diagram using simulation data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2161, pp. 40-48.
- Leurent, F., Breteau, V. & Wagner, N., 2009. *Coût marginal social de la congestion routière. Actualisation et critique de l'approche Hautreux*, Paris: LVMT, rapport pour le compte du MEDDAT.

- Mayeres, I., Ochelen, S. & Proost, S., 1996. The marginal external costs of urban transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1(2), pp. 111-130.
- Moridpour, S., Mazloumi, E. & Mesbah, M., 2015. Impacts of heavy vehicles on surrounding traffic characteristics. *Journal of Advanced Transportation*, 49(4), pp. 535-552.
- Nemoto, T., Browne, M., Visser, J. & Castrp, J., 2005. *Intermodal transport and city logistics policies*. Langkawi, Malaisie, 4th International Conference on City Logistics.
- Noland, R. B. & Small, K. A., 1995. Travel-time uncertainty, departure time choice, and the cost of the morning commute. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1856, Transportation Research Board*, Volume 1493, pp. 150-158.
- OCDE, 1996. *Towards sustainable transportation, Overview of the Vancouver Conference*, Vancouver, Canada: Rapport de l'OCDE.
- OMNIL, 2012. *Enquête globale transport: La mobilité en Ile-de-France*, Paris: Rapport n°1.
- OVE, 2013. *Le TCO Scope 2013: l'outil de référence des gestionnaires de flottes*, Paris: Le Journal de l'Observatoire des Véhicules d'Entreprise.
- Parry, I. & Small, K. A., 2005. Does Britain and the US have the Right Gasoline Tax?. *American Economic Review*, Volume 95, pp. 1276-1289.
- Prud'homme, R., 1999b. Les coûts de la congestion dans la région parisienne. *Revue d'économie politique*, 109(4), pp. 426-449.
- Quinet, E., 2013. *Evaluation socioéconomique des investissements publics*, Paris: Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective.
- Routhier, J.-L. & Toilier, F., 2007. *Freturb V3, a Policy Oriented Software of Modeling Urban Goods Movements*. Berkeley, USA, 11th World Conference on Transportation Research.
- SETRA, 2001. *Fonction temps-débit sur les autoroutes interurbaines : rénovations des relations entre temps de parcours et débit pour la simulation de trafic*, Paris: Rapport Technique du SETRA.
- Shinghai, N. & Fawkes, T., 2002. Freight mode choice and adaptive stated preferences. *Transportation Research part E: Logistics and Transportation Review*, 38(5), pp. 367-378.
- Small, K. A. & Chu, X., 2003. Hypercongestion. *Journal of Transport Economics and Policy*, 37(3), pp. 319-352.
- Small, K. A. & Verhoef, E. T., 2007. *The economics of urban transportation*. Oxford, UK: Routledge.
- SOES, 2012. *Le bilan social annuel du transport routier de marchandises en 2012*, Paris: Rapport du Service de l'Observation et des Statistiques.
- Spiess, H., 1990. Technical note – Conical Volume-delay functions. *Transportation Science*, 24(2), pp. 153-158.
- TRB, 2010. *Highway Capacity Manual*, Washington, D.C., USA: Transportation Research Board, National Research Council.
- UITP, 2015. *Mobility in cities database*, Bruxelles, Belgique: Synthesis Report from the Union Internationale des Transports Publics.
- URF, 2013. *Faits et chiffres 2013 – Statistiques des transports*, Paris: Rapport de l'Union Routière Française.
- Verhoef, E. T., 2001. An integrated dynamic model of road traffic congestion based on simple car-following theory: exploring hypercongestion. *Journal of Urban Economics*, 49(3), pp. 505-542.
- Webster, N. & Elefteriadou, L., 1999. A simulation study of passenger car equivalents (PCE) on basic freeway sections. *Transportation Research Part B: Methodological*, 33(5), pp. 323-336.
- Weisbrod, G., Vary, D. & Treyz, G., 2001. *Economic implications of congestion*, Washington, D.C., USA: NCHRP Report.
- Yun, S., White, W., Lamb, D. R. & Wu, Y., 2010. Accounting for the impact of heavy truck traffic in volume-delay function in transportation planning models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1931, pp. 8-17.

Conclusion de la Partie 3

Le chapitre 6 a permis d'expliquer en partie les difficultés que rencontrent les chauffeurs-livreurs lors de leurs parcours pour stationner en milieu dense. Nous avons en effet montré que les aires de livraisons, ces espaces réservés par la Municipalité parisienne pour l'arrêt à des fins de chargement ou déchargement des véhicules, n'existent pas en quantité suffisante dans certaines zones et à certains moments de la journée, par rapport à la demande de stationnement. Et ce, alors que notre modèle tend à sous-estimer la demande de stationnement, et au contraire à surestimer l'offre. On peut donc parler d'un phénomène de congestion (des infrastructures aux capacités fixes rencontrant une demande trop importante) provoquant une baisse de la qualité de service pour ses utilisateurs (les chauffeurs-livreurs).

Le chapitre 7 a ensuite permis d'explorer la relation entre le stationnement en double-file des véhicules (passagers et marchandises) et l'impact sur les conditions de trafic dans Paris. À l'aide d'outils élémentaires de l'ingénierie du trafic (le diagramme fondamental de la congestion), nous avons distingué la congestion provoquée selon le type de véhicule et les formes urbaines de la rue considérée. Nous produisons ainsi des estimateurs nous servant à calculer des coûts marginaux de congestion liés au stationnement en double-file. On voit ainsi qu'en fonction de la taille du véhicule, et du temps moyen qu'il passe sur la voirie, les pertes de temps pour les autres utilisateurs de la voirie diffèrent grandement.

Enfin, le chapitre 3 a proposé une mesure macroscopique de la congestion routière dans un cadre d'analyse multi-classe. Nous avons ainsi distingué les effets de deux classes de véhicules : les petits véhicules (voitures et véhicules utilitaires légers) et les grands véhicules (poids lourds). Nous avons démontré que l'impact de chaque classe sur le trafic est hétérogène, mais aussi que les deux classes ne sont pas affectées de la même manière par le trafic. Ce travail nous permet de montrer notamment que les poids lourds, qui représentent une minorité du trafic en nombre de trajets de véhicules, sont responsables de près d'un quart des pertes de temps des usagers de l'infrastructure routière en Ile-de-France.

Bien sûr, cette partie 3 ne prétend pas découvrir ces phénomènes de congestion, qui sont reconnus à la fois par la recherche académique et par les professionnels du transport et de l'aménagement depuis longtemps. Des études récentes, par exemple à Londres (London Assembly, 2017) et Bruxelles (Lebeau & Macharis, 2014) mettent en avant le rôle de la livraison urbaine dans la formation de la congestion routière. Notre analyse se limite par ailleurs à la congestion, et ne montre pas les autres formes d'impact que peuvent avoir les véhicules de marchandises sur l'espace urbain : pollution, risques d'accidents accrus pour les autres usagers de la voirie ou de l'espace public, diminution de la « qualité » de l'espace urbain...

Nous proposons par contre une mesure de cette congestion routière pour l'Ile-de-France, cas d'étude intéressant en raison de la sévérité des impacts de la congestion, et de sa relation particulière avec le transport routier.

Ces essais sur la congestion sont un prolongement logique de ce travail de thèse. Nous montrons que la congestion routière provoquée par les véhicules de marchandises est fonction des formes urbaines et des organisations logistiques des chargeurs et des transporteurs. Les organisations logistiques se matérialisent à la fois par la taille des véhicules utilisés, et par la distance que parcourent les véhicules au cours de leurs traces directes ou tournées.

Les formes urbaines sont incarnées par la distance parcourue par les véhicules pour atteindre leur destination (formes urbaines fonctionnelles), et par la difficulté pour les véhicules de marchandises à trouver une place de stationnement à destination (formes urbaines physiques). De plus, les impacts de la congestion dépendent aussi de la disponibilité d'infrastructure de transport et de stationnement (formes urbaines physiques) : quantité d'aires de livraisons, tailles et formes des voiries au niveau local, capacité des infrastructures au niveau macroscopique...

Nous souhaitons mettre l'accent sur la nécessité de décomposer l'impact du TMV en prenant en compte plusieurs éléments. Il nous semble ainsi nécessaire de distinguer à la fois l'impact d'un véhicule sur les flux environnants, le nombre de véhicules qui génèrent cet impact, et le nombre d'utilisateurs soumis à cet impact.

C'est ainsi que nous distinguons, en fonction des heures de la journée et des espaces de la ville, des « zones de tension » entre l'offre et la demande de stationnement. Nous distinguons aussi les coûts marginaux de congestion liés au double-file, qui dépendent de la fréquentation de l'infrastructure : le coût d'un poids lourd en double-file dans une rue très large et peu fréquentée est plus faible que celui du même poids lourd dans une rue étroite très fréquentée. Par ailleurs, nous faisons la différence entre les pertes de temps individuelles et les pertes de temps collectives liées à un véhicule marginal, de celles qui sont causées par la fréquentation effective des infrastructures, qui est différente selon l'espace considéré.

D'une manière générale, plus l'espace est dense, et plus le véhicule marginal va imposer une gêne importante aux nombreux utilisateurs présents sur les infrastructures. A l'inverse, les véhicules de marchandises sont eux-aussi entravés dans leurs opérations, comme nous le montrons, particulièrement dans les espaces denses : par le manque de stationnement à leur disposition, et par leurs propres pertes de temps liées au stationnement en double-file et à la congestion routière.

CONCLUSION GENERALE

A l'issue de ce travail de recherche, il convient de revenir sur notre questionnement initial et sur les hypothèses développées dans l'introduction générale. Quel est l'impact de la congestion sur le TMV, et à l'inverse quel est le rôle du TMV sur la formation de la congestion routière ? Comment caractériser les déterminants de l'occupation de la voirie des véhicules de marchandises ? Comment l'organisation logistique des opérateurs de transport peut-elle aider à comprendre ces déterminants ? Comment les formes urbaines influent-elles sur ces déterminants ? Enfin, comment la décomposition des impacts du TMV sur son environnement urbain peut aider à mieux comprendre ces impacts ?

Les organisations logistiques des opérateurs de transport comme adaptation aux spécificités urbaines

La demande de livraisons urbaines, en raison de l'organisation interne des établissements économiques typiques des environnements urbains (contraintes de stockage, fréquence des commandes), concerne souvent des quantités relativement modestes de marchandises par envoi. Les transporteurs (en compte d'autrui ou compte propre), pour ne pas faire circuler des véhicules mal remplis, regroupent les lots de leurs différents réceptionnaires et desservent plusieurs destinataires. Ils forment ainsi des parcours de marchandises plus ou moins complexes. Les formes de ces parcours varient selon les exigences de leurs clients et les possibilités imposées par les contraintes matérielles et réglementaires liées à leur activité.

Pour comprendre les caractéristiques opérationnelles des déplacements de marchandises en milieu urbain (et donc l'occupation de la voirie par les véhicules), il semble nécessaire de décentrer notre regard. Ainsi, il ne faut pas seulement prendre en compte l'opération de transport, mais également l'organisation logistique du déplacement, qui est la combinaison d'exigences liées aussi bien à la demande qu'à l'offre de cette opération.

En conséquence de cette demande et, étant données les possibilités (en matière de technologie, techniques de production et de ressources) de l'offre, les transporteurs mettent en place des services de transport aux caractéristiques très diverses. Ces services se structurent en marchés, certaines entreprises se spécialisant sur certains segments plutôt que sur d'autres. Le nombre de services distincts liés au TMV est en réalité presque aussi élevé que le nombre d'entreprises

présentes sur le marché. Il est d'autant plus diversifié que de nombreuses compagnies opèrent hors marché et implémentent leurs propres opérations de transport.

Nous montrons tout de même que la prise en compte de ces processus à un niveau assez agrégé mais pertinent permet de décrire des spécificités très marquées dans les caractéristiques opérationnelles des opérations de transport. La prise en compte des organisations logistiques nous permet donc de mieux comprendre la forme des déplacements de marchandises en milieu urbain, et l'occupation de la voirie par les véhicules.

Les particularités logistiques du déplacement de marchandises sont également non neutres sur le choix de stationnement des chauffeurs-livreurs, comme nous l'avons montré dans le chapitre 5. Bien sûr, la distinction que nous opérons par la partition des parcours et du stationnement dans deux chapitres différents est quelque peu artificielle, les opérations de stationnement faisant partie intégrante des parcours. Cela dit, nous les analysons séparément car les ressorts de la circulation et du choix de stationnement se jouent réellement à des niveaux différents.

Nous montrons donc, par exemple, que la durée de stationnement est essentiellement fonction de la quantité de marchandises chargée ou déchargée (fonction de la taille de l'envoi et donc de l'organisation logistique du transporteur). Le choix du stationnement va dépendre en large partie de la durée du stationnement et du type de véhicule qui réalise l'opération, deux caractéristiques fortement dépendantes de l'organisation logistique retenue. On peut donc lier de manière étroite l'occupation de la voirie par les véhicules de marchandises aux organisations logistiques des transporteurs, aussi bien pour la circulation que pour le stationnement. Bien sûr, ces facteurs ne sont pas les seuls à devoir être pris en compte.

Liens entre formes urbaines et TMV

Nous avons tenté de formaliser, tout au long de notre travail de thèse, le lien entre formes urbaines et TMV. Nous mettons en évidence ce lien, d'abord, à travers plusieurs revues de littérature au cours des différents chapitres.

Dans le chapitre 1, nous avons comparé les recherches sur l'articulation formes urbaines – transport entre les passagers et les marchandises, pour faire ressortir les particularités du transport de marchandises. La question de l'articulation formes urbaines – transport se pose en effet dans un référentiel systémique : les systèmes de transport, via les infrastructures et les choix de mobilité des agents économiques, modifient les formes urbaines des agglomérations ; à l'inverse, les formes urbaines déterminent les caractéristiques opérationnelles du transport, à

la fois par la localisation des agents économiques les uns par rapport aux autres (formes fonctionnelles) et par les contraintes qu'imposent la taille limitée des infrastructures pour la circulation et le stationnement (formes physiques).

Il semble que le TMV, en particulier, ait relativement peu d'effet sur les formes urbaines. Le TMV est une « variable d'ajustement » des agents économiques des agglomérations. Les entreprises de transport ont toujours réussi à s'adapter et à faire baisser leurs prix par de multiples mécanismes (évolutions technologiques, réglementaires, et organisationnelles, optimisation de leurs activités... etc), adaptations d'ailleurs non exemptes de dysfonctionnements d'ordre social, environnemental et réglementaire.

Par conséquent, le TMV subit et est contraint d'absorber les évolutions liées aux formes urbaines : augmentation des distances liées à l'étalement urbain (et en particulier l'étalement logistique), et à l'inverse, contraintes opérationnelles liées à la densification des espaces centraux. Contrairement à la mobilité des passagers, le TMV ne dispose pas de la « soupape de sécurité » constituée par les modes de transport alternatifs.

Dans la recherche sur la modélisation du TMV (et la réalité économique des villes), l'espace n'a pas d'impact direct sur la génération de la demande. Une pharmacie, en centre-ville ou dans une commune périurbaine, reste une pharmacie : elle génère un certain nombre de mouvements en fonction de ses caractéristiques, et pas de son environnement immédiat.

Les caractéristiques spatiales d'un territoire influent par contre sur la génération de marchandises globale de ce territoire, puisque la composition économique des différents espaces de l'Ile-de-France varie grandement. De plus, si la localisation de la pharmacie en question ne joue pas statistiquement sur ses besoins en marchandises, les caractéristiques opérationnelles des mouvements peuvent varier. De même, les impacts sur l'environnement ne sont pas les mêmes.

Les principaux résultats empiriques de cette relation entre formes urbaines et caractéristiques opérationnelles du transport de marchandises sont donnés par les chapitres 3, 4 et 5. Dans le chapitre 3, par le biais d'une approche agrégée, nous montrons d'une part statistiquement le lien entre distance parcourue pour atteindre un établissement et distance au centre de l'établissement en question, ce qui nous sert à calculer des fonctions de distances. Nous montrons aussi l'importance de prendre en compte la composition économique des différents territoires. Nous observons l'hyper-concentration de la demande de marchandises à la fois sur une surface très restreinte et dans des espaces habités, où la concurrence pour un espace déjà rare est d'autant plus forte.

Dans le chapitre 4, nous approchons le lien entre les formes urbaines et la forme des parcours de marchandises par la vitesse des différents déplacements des véhicules. Les parcours des chauffeurs étant limités dans le temps, la distance parcourue l'est également. On peut ainsi établir une relation théorique entre la densité et l'optimisation des parcours (incarnée par le nombre de mouvements par parcours) : plus la densité est forte, plus l'optimisation est possible puisque les clients potentiels du transporteur sont proches ; par contre, plus la densité est forte, plus la congestion risque d'être importante, et les temps de transport s'allongent, même pour de faibles distances. Nous montrons par ailleurs que les trajets les « moins efficaces » en termes de temps de parcours sont justement les faibles distances en milieu urbain.

Dans le chapitre 5, nous explorons la relation entre les formes urbaines et les choix de stationnement des chauffeurs-livreurs, qui dépendent en grande partie de l'infrastructure de stationnement disponible, et donc des formes urbaines physiques. Par le biais d'observations de terrain et d'analyse plus qualitative, nous montrons aussi que ces formes urbaines physiques peuvent être considérées comme des ressources pour les chauffeurs-livreurs, qui peuvent utiliser leur expérience et leur savoir-faire pour tenter de limiter leur stationnement.

Enfin, les chapitres 6, 7 et 8 évoquent l'importance des formes urbaines physiques de la ville sur les coûts de congestion, qui affectent à la fois les autres usagers, mais aussi les opérations des transporteurs. Nous reviendrons plus en détail sur les conclusions de ces chapitres dans la section suivante.

Occupation de la voirie des véhicules de marchandises et phénomènes de congestion en Ile-de-France

Le TMV, pour ses activités d'enlèvements et de livraisons, représente une occupation de l'espace conséquente dans les centres urbains. On l'a vu, le TMV représente environ 6% des flux de véhicules en Ile-de-France. Mais étant donné l'impact considérablement plus important des grands véhicules sur les temps de parcours, on peut estimer que les véhicules de marchandises sont responsables d'environ un quart des pertes de temps des conducteurs sur les routes.

Le transport de marchandises représente aussi une occupation de la voirie considérable en stationnement. Si l'on se réfère aux nombres de mouvements et à la durée moyenne d'un mouvement par type de véhicule effectuant ce transport de marchandises, on peut estimer le nombre d'heures de stationnement par type de véhicule à environ 21 600 pour les 2-3 roues, 530 700 pour les VUL, 515 300 pour les porteurs et 266 300 pour les camions articulés. Ce

temps d'occupation de la voirie est donc conséquent, d'autant plus qu'une portion considérable est passée en stationnement gênant (d'environ 30% des mouvements pour la banlieue peu dense de la grande couronne à près des deux tiers pour l'espace hyperdense de Paris).

Les coûts de congestion calculés dans cette thèse représentent des valeurs très importantes pour les véhicules de marchandises. Nous confirmons dans le chapitre 8, par exemple, à partir de valeurs du temps communément adoptées en France, que le coût de congestion est bien plus important que les autres externalités provoquées par le TMV, comme l'ont montré des recherches antérieures. Lorsqu'ils stationnent en double-file, les véhicules de livraisons peuvent aussi infliger des coûts externes importants aux autres utilisateurs, surtout lorsque ce stationnement en double-file a lieu à des moments où le trafic est intense.

Nos résultats montrent en effet que l'occupation de l'espace est plus ou moins problématique selon l'espace considéré. Ainsi, un poids lourd marginal aura plus d'impact sur les pertes de temps individuelles dans les conditions de circulations parisiennes, mais le nombre élevé d'utilisateurs de la voirie rend le coût collectif de ce poids lourd marginal moins important que pour d'autres types de trajets, surtout ceux entre Paris et sa banlieue (voir Tableau 8.3.2), où le trafic routier est considérable.

De manière similaire, un poids lourd en double-file a plus d'impact sur les pertes de temps, *ceteris paribus*, qu'un véhicule léger. Pourtant, un VUL stationné en double-file dans une rue très fréquentée aura plus d'impact collectif sur les pertes de temps qu'un camion articulé dans une rue peu fréquentée, comme le montre le Tableau 7.3.6 du chapitre 7. Il faut donc distinguer l'impact individuel d'un véhicule de l'environnement dans lequel cet impact est produit, pour calculer son coût social total.

A l'inverse, les véhicules de marchandises sont affectés dans leurs opérations par la congestion et « l'encombrement » de la ville. Ils subissent aussi des pertes de temps non négligeables causées par les autres utilisateurs de la voirie, d'autant que les pertes de temps marginales causées par un grand véhicule sont plus importantes pour les poids lourds que pour les véhicules légers. Nous montrons aussi que les infrastructures de stationnement sont insuffisantes étant donné le volume d'activité dans certaines zones de la ville, à certains moments de la journée.

Discussion des résultats

La congestion est une externalité coûteuse pour la collectivité, et le transport de marchandises joue un rôle non négligeable sur la formation de cette congestion. Afin de

conclure ce travail de thèse, et avant de décrire de possibles prolongements, nous allons maintenant discuter les principaux résultats à la lumière de nos hypothèses de départ.

Il nous semble d'abord nécessaire de souligner l'importance de la prise en compte de l'organisation logistique des transporteurs pour comprendre le phénomène du TMV. Cette nécessité est à la fois théorique et opérationnelle.

Théorique, d'abord : que cela concerne la circulation ou le stationnement, nous montrons que les caractéristiques opérationnelles du TMV dépendent fortement de l'organisation logistique du transporteur, qui répond à la demande d'un (ou de plusieurs) client(s) en fonction de ses ressources. Les grands indicateurs statistiques ou « faits stylisés » introduits par l'ETMV et utilisés dans Freturb sont d'une grande utilité pour faire des diagnostics exhaustifs et à peu de frais, à l'échelle des agglomérations. Afin de passer à un niveau plus fin de la compréhension des déplacements de marchandises en ville, il semble nécessaire poursuivre cette exploration des organisations logistiques des transporteurs.

Nous avons fait beaucoup de parallèles, au cours de ce travail de thèse, entre les ressorts des déplacements des passagers et de ceux des marchandises. La recherche sur le transport de passagers a beaucoup évolué depuis quelques années, en passant de modèles *top-down* à des modèles *bottom-up* centrés sur les choix des individus. Ces systèmes multi-agents prennent en compte de concert les choix de localisation des agents avec leurs choix de mobilité (Antoni & Vuidel, 2010). Les choix de mobilité sont analysés et simulés en prenant en compte les comportements typiques d'agents ayant des profils différents, permettant de définir des emplois du temps ou programmes d'activités et des choix d'itinéraires hétérogènes (Banos, et al., 2010; Roorda, et al., 2008; Bowman & Ben-Akiva, 2001).

Ce niveau de « sophistication » n'existe pas encore dans la recherche sur le TMV, bien que des cadres théoriques commencent à émerger (Roorda, et al., 2010), sans pour l'instant être toujours validés par des données empiriques. L'ambition de cette thèse n'est d'ailleurs pas de proposer un modèle théorique aussi complet. Nous proposons simplement une contribution plus qualitative à la réflexion sur la prise en compte des organisations logistiques plus larges que la simple opération de transport, qui nous semble être une direction théorique à explorer pour améliorer la compréhension des systèmes de TMV.

Cette nécessité nous semble également opérationnelle, étant donnée la demande croissante d'informations sur la compréhension des systèmes de TMV vis-à-vis de l'organisation non plus seulement des opérations de transport, mais des *supply-chains* qui sous-tendent ces opérations de transport. Cette demande provient notamment de nombreux techniciens des services des agences d'urbanisme et de transport de collectivités locales dans le monde. Afin d'optimiser

ces déplacements, il nous semble important de dépasser le diagnostic des caractéristiques opérationnelles du transport pour arriver à une compréhension de leurs déterminants.

Le rapport entre formes urbaines et TMV, à un niveau plus macroscopique, nous semble aussi très important puisque les interactions entre la densité des centres-villes et le fonctionnement des systèmes de TMV questionnent les politiques d'urbanisme et de transport.

La ville « dense » ou « compacte » va, selon toute probabilité, rester le modèle standard des villes européennes pour les années à venir étant données les orientations des documents de planification actuels, notamment pour l'Ile-de-France (Région Ile-de-France, 2013). La densité est posée, à tort ou à raison, en modèle de la ville vertueuse pour plusieurs raisons : elle est vue comme une réponse pour éviter la disparition des espaces agricoles et naturels, comme garante du renforcement des liens sociaux de ses habitants, comme une solution de mutualisation des coûts des réseaux et des services publics, et surtout comme un moyen de faire baisser la consommation d'énergie et les externalités négatives liées au transport routier (Reigner, et al., 2013).

Pour le TMV, contrairement aux passagers, la densité est plus un problème qu'une solution. D'autant que cette densité s'accompagne d'objectifs en termes de qualité de vie et d'utilisation de l'espace public : la ville moderne doit être à la fois ville commerciale, ville touristique, ville branchée et ville des loisirs agréable à vivre avec un espace public de qualité.

Or, en raison de cette densité, une énorme part de la demande de mouvements de marchandises est concentrée dans une petite portion de l'espace (70% des mouvements dans seulement 3% de la surface environ, en Ile-de-France), ce qui focalise les nuisances potentielles dans un espace restreint. Et cela focalise les nuisances dans un espace soumis à une mise en concurrence d'autres activités aux objectifs contradictoires avec celles du transport.

Parallèlement, on assiste en Ile-de-France à l'éclatement des réseaux infrastructurels permettant la structuration des services de transport et de logistique lié à la dispersion des entrepôts et plateformes (Dablanc & Adrianakaja, 2011; Heitz & Dablanc, 2015). Ces noeuds permettant la massification des envois (et donc la limitation du nombre de vkms) sont de moins en moins présents dans les centres-villes et se retrouvent relégués dans les franges urbaines. Ceci peut avoir pour résultat une augmentation du nombre de vkms et donc un accroissement des externalités négatives (Dablanc & Adrianakaja, 2011) liés aux transports, malgré les efforts d'optimisation et de rationalisation des opérateurs de transport et de logistique de leur activité (Sakai, et al., 2017).

Dès lors, le point d'équilibre entre externalités positives liées à la densité, et externalités négatives liées au TMV est difficile à déterminer. Il reste donc à 1°) mesurer ces impacts, et 2°) trouver les solutions et ajustements pour permettre de faciliter la circulation des véhicules de marchandises dans ces milieux denses. Et il reste à accompagner la réorganisation de cette circulation qui, dans tous les cas, ne pourra pas disparaître, et au contraire risque de s'accroître.

Cette remarque nous conduit à notre dernière discussion, qui concerne les outils à la disposition des politiques publiques. La situation actuelle en Ile-de-France doit en effet être améliorée aussi bien pour éviter les externalités négatives coûteuses provoquées par le TMV (dont, évidemment, la congestion), mais également pour améliorer les conditions de déplacement des opérateurs de transport, dont l'activité est indispensable à toutes les autres activités urbaines, et qui est déjà dans une situation économique difficile, comme nous l'avons présenté en introduction générale. Nous avons défini la congestion comme étant le fruit d'une inadéquation entre une offre et une demande d'infrastructures routières. Par conséquent, il existe à notre avis deux pistes d'action possibles pour améliorer la situation.

La première concerne une politique de l'offre d'infrastructures. Etant donnée la rareté de l'espace dans les centres-villes, il paraît complexe d'augmenter le stock d'espace disponible qui pourrait être complètement réservé au TMV. Cela dit, l'espace disponible peut probablement encore être optimisé.

Cette politique d'offre d'infrastructure peut notamment s'accompagner d'applications plus strictes des règlements existants (notamment liés au stationnement), d'un usage accru des nouvelles technologies liées à cette application des règlements, et d'une meilleure optimisation de son utilisation (et de sa localisation), par exemple en affinant encore les règlements d'occupation des aires de livraisons.

On pourrait imaginer par exemple, des règlements de stationnement plus complexes comme il en existe en Amérique du Nord, plutôt que simplement une distinction entre jour et nuit pour les aires de livraisons partagées. Des systèmes commencent également à être expérimentés pour améliorer leur utilisation, notamment avec des logiciels de réservation, qui pourraient permettre un meilleur « roulement » des véhicules utilisateurs (Patier, et al., 2014).

La deuxième option concerne une politique de gestion de la demande, qui peut tourner autour de trois axes. Le premier axe d'action consisterait tout simplement à réduire la demande, c'est-à-dire le nombre total de vkms nécessaires pour livrer les quantités de marchandises, soit par

l'accompagnement de la massification (camions en horaires décalés, barges fluviales...), par la mutualisation des moyens de production de la prestation de transport (services de livraisons mutualisées, espaces de stockage et plateformes de *cross-docking* partagés, dépôts mobiles de marchandises...), ou bien par la mutualisation de la demande des clients eux-mêmes (Browne, et al., 2012; Verlinde, et al., 2012; Verlinde, et al., 2014).

Le deuxième axe concernerait le management et l'optimisation de cette demande. Par exemple, puisque l'on sait qu'on ne peut empêcher un volume important de vkms d'être parcourus dans les centres urbains, on peut encourager une partie de cette demande à se répartir de manière plus efficiente au cours de la journée. C'est par exemple l'objectif des projets pilotes de livraisons en horaires décalés, qui visent à réduire l'occupation de la voirie par les véhicules de marchandises pendant les heures de pointe par un transfert de ces opérations pendant les heures creuses de la journée (tôt le matin, ou pendant la soirée).

Ce transfert pourrait avoir des impacts importants en termes de réduction de la congestion et des émissions : la vitesse moyenne des parcours augmente donc ils peuvent être optimisés, livrer plus de clients et donc réduire l'impact de leur occupation de la voirie (Holguín-Veras, 2016). Cette optimisation permettrait aussi des économies pour les transporteurs, les gains en temps de parcours se traduisant par des opérations plus efficaces (Holguin-Veras, et al., 2011a). Les projets de ce type se répandent et des pilotes sont ou ont été testés notamment à New-York (Holguin-Veras, et al., 2014), en Belgique (Macharis, et al., 2011), à Sao Paulo (Yoshizakin & Da Cunha, 2016), Bogota (Castrellon, 2016) et Stockholm (Brenden, 2016).

Après la réduction et l'optimisation des vkms, le dernier axe consisterait à favoriser le report vers d'autres modes. Si le report modal vers les modes massifiés est souvent difficile à envisager, le report vers le mode électrique par exemple, peut être une solution que peuvent accompagner les collectivités pour certaines organisations logistiques (Lebeau, et al., 2015; Camilleri & Dablanc, 2017).

Le plus important est de souligner qu'il n'existe pas *une* solution pouvant régler tous les problèmes du TMV. Par contre, des combinaisons de solutions et de « réglages » (à la fois sur l'offre et sur la demande) peuvent avoir un impact important, et les collectivités locales peuvent souvent les mettre en œuvre à relativement peu de frais. Il est pour cela nécessaire qu'elles se saisissent des « boîtes à outils » de politiques publiques liées au TMV qui existent déjà (Dablanc, 2012).

Recherches futures

A l'issue de ce travail, nous proposons plusieurs pistes de recherches futures, à la fois liées au TMV et en comparaison avec d'autres secteurs qui lui sont proches.

Bien sûr, les premiers prolongement concernent l'amélioration de certains résultats de cette thèse, et notamment la formalisation de plusieurs démarches (notamment les démarches exploratoires du chapitre 4 et 5) via des modèles plus sophistiqués permettant de comprendre l'occupation de la voirie des véhicules de livraisons en fonction 1°) de leur organisation logistique globale, pour la circulation, et 2°) de leurs impératifs logistiques et des possibilités laissées par l'environnement urbain pour les choix de stationnement des chauffeurs-livreurs. Nous avons déjà proposé, à travers nos revues de littératures, des pistes de réflexion pour ces modélisations.

Au-delà de ce travail de thèse, il nous semble nécessaire de décentrer notre regard, et d'étendre nos analyses futures au-delà du simple secteur du transport de marchandises en ville. Comme nous l'avons vu dans l'introduction générale, le TMV au sens large est en réalité un circuit, qui prend en compte l'intégralité des mouvements de biens matériels dans une agglomération. Quatre apports nous semblent fondamentaux, en complément du TMV inter-établissements.

La première concerne les livraisons à domicile, dans leur articulation avec la consommation des ménages et l'approvisionnement des lieux de consommation « traditionnels » de la ville. Ces recherches commencent à être menées avec les premières enquêtes de terrain et démarches de modélisations concernant le e-commerce, et ses conséquences en termes de livraisons (Taniguchi & Thompson, 2004; Gonzalez-Feliu, et al., 2012; Mareï, et al., 2016; Dablanc, 2017). Plus que la simple question du e-commerce, c'est la question du découplage entre achats et récupération des biens par les ménages qui nous semble la plus fondamentale (Gardrat, et al., 2016b).

Le e-commerce n'est en effet qu'une des facettes parmi d'autres des nouveaux modes de consommation découplant l'acte d'achat et de consommation par les ménages. La prise en compte de cette problématique, qui prend de plus en plus d'ampleur, pourrait tout à fait venir compléter certaines analyses déjà réalisées dans cette thèse, notamment la question de la demande d'aires de livraisons pour les véhicules de marchandises, que nous traitons ici sans prendre en compte les livraisons à domicile. Or, ces livraisons ont souvent lieu dans des rues résidentielles, qui sont généralement peu équipées en aires de livraisons (Chen, et al., 2017).

La deuxième question est celle des déchets et de leur évacuation. La question des déchets, comme celle des achats découplés, nous force à prendre en compte les flux de matériaux dans les villes dans leur rapport à la consommation des entreprises mais aussi des ménages, qui produisent aussi des déchets. Comme le TMV, la gestion des déchets prend de nombreuses formes (déchets de consommation ordinaire, déchets d'entreprises, déchets industriels potentiellement dangereux, déchets spécifiques comme les encombrants et les déchets verts...). Le transport et l'évacuation de ces déchets est, plus que ce qu'on appelle traditionnellement le « dernier km », la fin du circuit de circulation des matériaux dans une agglomération.

Une troisième question concerne une problématique peu évoquée en France mais qui a pris une certaine importance aux Etats-Unis : les *service trips* ou déplacements de professionnels générés par des techniciens, commerciaux, ouvriers et prestataires de services qui visitent les établissements économiques et les particuliers. Ils réalisent au cours de ces visites différents types de services : vente, soins à la personne, maintenance, dépannage, réparation, installation, travaux, etc. Afin d'effectuer ces services, ces professionnels transportent des matériaux divers : outils de travail, pièces de rechange pour des réparations, réapprovisionnement pour certaines machines (photocopieuses, distributeurs de boissons...), médicaments ou encore produits et échantillons destinés à la vente.

Des travaux sur la génération des *services trips* ont déjà été réalisés aux Etats-Unis (Holguín-Veras, et al., 2016), où on estime qu'ils représentent une portion non négligeable des vkms réalisés par les véhicules commerciaux. En France, des travaux récents ont été réalisés sur la problématique des professionnels mobiles (James & Gressel, 2016), notamment à partir des données d'Enquêtes Ménages Déplacements, mais aucune tentative n'a été faite pour intégrer ces travaux dans le cadre des travaux du programme Marchandises en Ville, notamment pour délimiter les frontières entre ces deux objets d'études, frontières qui peuvent être relativement floues, afin notamment d'éviter les doubles-comptes.

Enfin, la quatrième et dernière question concerne l'articulation des flux de TMV avec les flux de marchandises interurbains. Nous avons fonctionné, dans le cadre de cette thèse, comme le fait Freturb, en « vase clos » par rapport à l'extérieur. Pourtant, on l'a vu, une partie non négligeable des mouvements réalisés dans les agglomérations sont 1°) réalisés dans des lieux de transitions de types entrepôts ou plateformes logistiques qui sont approvisionnés de l'extérieur, avant de redistribuer les marchandises dans les lieux de production et de consommation de la région, et 2°) livrés dans la ville en provenance directe d'entrepôts venant d'autres régions françaises voire parfois d'autres pays européens par la route.

Cette prise en compte de l'articulation entre l'urbain et l'interurbain nous semble l'un des axes prioritaires à explorer pour améliorer à la fois nos connaissances des systèmes de transport mais

aussi les diagnostics liés aux impacts de la génération du TMV. Cette articulation nous semble particulièrement importante pour les lieux de transition que sont les plateformes et les entrepôts qui ont tendance à « fuir silencieusement » (Dablanc & Adrianakaja, 2011) le cœur des agglomérations.

La prise en compte de ces différents flux générés par ces systèmes de transport, et notamment des relations qu'ils entretiennent les uns avec les autres, permettrait d'envisager une véritable compréhension globale de la logistique urbaine.

Une dernière piste de réflexion concerne l'approfondissement méthodologique et théorique lié à la mesure du TMV et de ses impacts sur les environnements urbains. Il nous semble en effet que les impacts du TMV préoccupent les pouvoirs publics principalement à deux échelles. La première est l'échelle macroscopique de la région ou de l'aire urbaine et concerne principalement les problématiques de pollution et de congestion liées aux flux de marchandises dans les agglomérations.

Certes, des pistes d'améliorations de l'estimation de ces flux existent encore (comme on vient de l'explorer dans cette conclusion). Cela dit, les outils de type Freturb permettent dans une certaine mesure d'estimer de manière fiable ces flux. Ces flux peuvent ensuite être intégrés à des modèles d'affectation de trafic et / ou à des modèles d'émission pour mesurer l'impact sur la congestion, les émissions et les polluants locaux.

La deuxième préoccupation de la puissance publique, à notre avis, concerne le niveau de la rue, c'est-à-dire les conflits potentiels que peuvent créer les véhicules de marchandises avec d'autres utilisateurs au cours de leurs opérations. C'est par exemple ce que présente la Figure 9.5.1 ci-dessous, issue d'un rapport de *Transport for London*.

Si les outils du type Freturb suffisent pour estimer les flux à un niveau macro, celui de la région ou de l'aire urbaine, ils ne peuvent servir, seuls, à estimer les conflits potentiels de l'usage de l'espace public à ce niveau de détails. C'est pourtant à ce niveau que doivent aujourd'hui travailler les services techniques des collectivités, pour optimiser l'espace public pour tous leurs utilisateurs (Conway, et al., 2013).

Une de nos pistes de réflexion pour le futur est donc de combiner les modèles de génération de demande, des données très fines sur les formes urbaines de l'espace public, et des observations de terrain, afin de définir des « profils de rue » dans lesquelles les conflits de ce type ont le plus de probabilité d'avoir lieu.

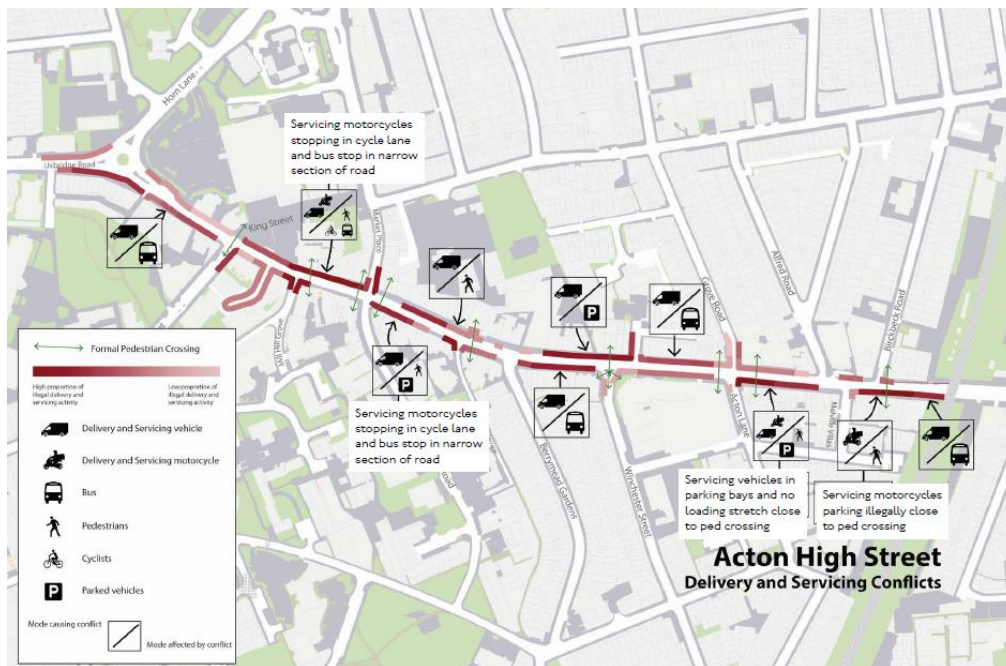


Figure 9.5.1 – Exemple d’une « carte des conflits », issue du guide technique pour l’aménagement des trottoirs pour les livraisons (Transport for London, 2017)

Méthodologiquement, cela présente la difficulté considérable de la définition d’une unité d’analyse. En effet, nous avons présenté dans cette thèse des analyses qui sont réalisées à l’échelle de carreaux d’un grid définis géométriquement par un logiciel SIG, et qui est utilisé dans plusieurs analyses cherchant à combiner caractéristiques urbaines et modèles de demande pour définir des « profils logistiques » (Alho & Silva, 2015; Ducret & Gonzalez-Feliu, 2016). Malheureusement, cette unité est statistique et cartographique par nature. Elle ne représente pas un objet matériel « réel », et son utilité opérationnelle en est diminuée.

Par contre, il est possible (à l’aide de l’adresse des établissements), de travailler à partir des rues qui sont, elles, des objets matériels. Tout le problème est donc de trouver une division de la voirie qui soit à la fois pratique pour l’exploitation statistique (prendre des rues de longueurs comparables par exemple), et en même temps possède une réalité opérationnelle. La « bonne » division du réseau viaire pour la mesure du TMV est un travail méthodologique et théorique qui reste à entreprendre, mais qui permettrait de définir des profils logistiques avec une grande utilité opérationnelle.

Si les techniciens des collectivités manquent encore aujourd’hui parfois de compétences et de connaissances sur le TMV (Ballantyne & Lindholm, 2013), ils connaissent parfaitement les caractéristiques fonctionnelles et physiques de leur territoire. Il paraît donc pertinent de partir de ces caractéristiques fonctionnelles et physiques pour orienter les zones à prioriser pour l’action pour le fret urbain.

BIBLIOGRAPHIE GENERALE

- Aiura, N. & Taniguchi, E., 2005. Planning on-street loading-unloading spaces considering the behaviour of pickup-delivery vehicles. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Volume 6, pp. 2963-2974.
- Akçelik, R., 1991. Travel time functions for transport planning. *Australian Road Research*, 21(3), pp. 49-59.
- Albergel, A., Ségalou, E., Routhier, J.-L. & Casimir, d. R., 2006. *Mise en place d'une méthodologie pour un bilan environnemental physique du transport de marchandises en ville*, Lyon: LET - ARIA Technologies - Systems Consult.
- Alho, A. R. & de Silva, J. d. A., 2014. Analyzing the relation between land-use/urban freight operations and the need for dedicated infrastructure/enforcement — Application to the city of Lisbon. *Research in Transportation Business & Management*, Volume 11, pp. 85-97.
- Alho, A. R. & Silva, J. d. A., 2015. Utilizing urban form characteristics in urban logistics analysis: a case study in Lisbon, Portugal. *Journal of Transport Geography*, Volume 42, pp. 57-71.
- Allain, R., 2004. *Morphologie Urbaine - Géographie, Aménagement et Architecture de la ville*. Paris: Armand Collin.
- Allen, J., Ambrosini, C., Browne, M., Patier, D. & Routhier, J.-L., 2014. Data collection for understanding Urban Goods Movements. Comparison of collection Methods and Approaches. Dans: *European Countries, in Sustainable Urban Logistics Concepts, Methods and Information Systems*. Berlin, Allemagne: Springer, pp. 71-90.
- Allen, J. & Browne, M., 2008. *Review of Survey Techniques Used in Urban Freight Studies*, University of Westminster, London, UK: Report produced as part of the Green Logistics Project: Work Module 9 (Urban Freight Transport).
- Allen, J. & Browne, M., 2010. Sustainability strategies for city logistics. Dans: *Green Logistics: Improving the environmental sustainability of logistics*. London, UK: Kogan Page, pp. 282-305.
- Alonso, W., 1964. *Location and land use. Toward a general theory of land rent*. Cambridge, USA: Cambridge, Mass: Harvard Univ. Pr..
- Amer, A. & Chow, J. Y. J., 2016. A downtown on-street parking model with urban truck delivery behavior. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, p. 17.
- Antoni, J.-P., 2010. *Modéliser la Ville - Formes Urbaines et Politiques de Transport*. Paris: Economica.
- Antoni, J.-P. & Vuidel, G., 2010. MobiSim : un modèle multi-agents et multi-scalaire pour simuler les mobilités urbaines. Dans: M. e. Approches, éd. *Modéliser la ville. Forme urbaine et politiques de transport*. Paris: Economica, pp. 50-77.
- Appert, M. & Chapelon, L., 2007. The variability of road networks: application to London. Dans: *Graph and Networks*. London, UK: ISTE, pp. 3-30.
- APUR, 2005. *Le projet Tram-Fret – Mise en place d'un transport de marchandises par le tramway*, Paris: Note de l'APUR 69.

- Arauzo-Carod, J.-M., Liviano-Solis, D. & Manjon-Antonin, M., 2009. Empirical studies in industrial location: an assessment of their methods and results. *Journal of Regional Science*, 50(3), pp. 685-711.
- Arnott, R. & Inci, E., 2006. An integrated model of downtown parking and traffic congestion. *Journal of Urban Economics*, 60(3), pp. 418-442.
- Artous, A. & Salini, P., 2005. *Les Opérateurs Européens de Fret et la Mondialisation*. Arcueil: Les Collections de l'INRETS - Rapport n°264.
- Ascher, F., 2001. *Les Nouveaux Principes de l'Urbanisme - La fin des ville n'est pas à l'ordre du jour*. La Tour-d'Aigues: Les Editions de l'Aube.
- ASLOG, 2009. *Etude Benchmark ASLOG 2008 / 2009 : L'état de l'art de la logistique globale des entreprises en France*. [En ligne] Available at: <http://www.aslog.org/fr/315-l-etude-benchmark-aslog-20082009--l-etat-de-l-art-de-la-logistique-globale-des-entreprises-en-franc.html> [Accès le 20 03 2017].
- ASLOG, 2016. *FAQ Logistique de l'ASLOG*. [En ligne] Available at: <http://www.faq-logistique.com/Logistique.htm> [Accès le 7 Novembre 2016].
- Augereau, V., 2009. *Du transport de marchandises en ville à la logistique urbaine, quels rôles pour un opérateur de transports publics urbains ? : l'exemple de la RATP*. Paris: Thèse de doctorat: Université Paris-Est.
- Austin, T. W., 1973. Allocation of parking demand in a CBD. *Transportation Research Record: The Journal of the Transportation Research Board*, Volume 444, pp. 1-8.
- Axhausen, K. W. & Polak, J. W., 1991. Choice of parking: Stated preference approach. *Transportation*, Volume 18, pp. 59-81.
- Aydalot, P., 1985. *Economie Régionale et Urbaine*. Paris: Economica.
- Ballantyne, E. E. F. & Lindholm, M., 2013. Identifying the Need for Freight to be Included in Local Authority Transport Planning. Dans: *Sustainable urban logistics: concepts, methods and information systems*. Berlin, Allemagne: Springer, p. 11.
- Banos, A., Boffet-Mas, A., Chardonnel, S., Lang, C., Marilleau, N., Thévenin, N., 2010. MIRO: Des trajectoires individuelles à la ville en mouvement. Dans: *Modéliser la ville - Formes urbaines et politiques de transport*. Paris: Economica, pp. 216-245.
- Barles, S., 2006. De l'encombrement à la congestion ou la récurrence des problèmes de circulation urbaine, XIXème - XXème siècles. Dans: *La ville durable au risque de l'histoire*. Villeneuve d'Ascq: Ecole Nationale Supérieure d'Architecture et de Paysage de Lille, pp. 129-143.
- Bates, J. & Leibling, D., 2012. *Spaced out - Perspectives on Parking policies*, London, UK: RAC Foundation Report.
- Battaïa, G., Gardrat, M., Toilier, F., Le Van, E., Gérardin, B., Routhier, J.-L., Sérouge, M. & Zuccarello, P. 2016. Simulating Logistic Innovation in a Growing Urban Environment. *Transportation Research Procedia : Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 489-499.
- Baudel, T., Dablanc, L., Alguiar-Melgarejo, P. & Ashton, J., 2016. Optimizing Urban Freight Deliveries: From Designing and Testing a Prototype System to Addressing Real Life Challenges. *Transportation Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 170-180.

- Bavoux, J.-J., Beaucire, F., Chapelon, L. & Zembri, P., 2010. *Géographie des Transports*. Paris: Armand Collin.
- Beaujeu-Garnier, J., 1980. *Géographie urbaine*. Paris: Armand Collin.
- Becker, G. S., 1965. A Theory of the Allocation of Time. *The Economic Journal*, 75(299), pp. 493-517.
- Beckouche, P., 1990. *Métropolisation et système productif. Approche fonctionnelle du fait métropolitain en France*. Lyon, Colloque "Métropoles en déséquilibre ?".
- Bergeron, P., 1989. *Paris, Genèse d'un paysage*. Paris: Picard.
- Bernadet, M., 1985. Réflexion sur l'évolution de la qualité de service dans les transports de marchandises. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, pp. 87-99.
- Beyer, A., 1999. *Morphologies et dynamiques territoriales des services de messagerie*. Paris: Thèse de doctorat - Université Paris XII Val-de-Marne.
- Beziat, A., 2015. *Parking for freight vehicles in dense urban areas: the issue of delivery areas in Paris*. Washington D.C., USA, 94th Transportation Research Board Annual Meeting - Poster Session 730 – Urban freight parking research: To curb or not to curb.
- Beziat, A. & Koning, M., 2015. *Modeling the Effect of Congestion on Passenger and Freight Transport in the Paris Region, Using OD Matrices for Freight and Passenger*. Long Beach, USA, International Conference on Urban Freight.
- Beziat, A. & Koning, M., 2017. Focus sur les conséquences du stationnement en double-file. *TEC*, Avril, p. 29.
- Beziat, A., Launay, P. & Toilier, F., 2015b. *A Comprehensive View of Goods Transport Systems -- Typology and Analysis of Delivery Tours in the Paris Region*. Long Beach, CA, USA, 6th Metrans International Urban Freight Conference.
- Beziat, A. & Toilier, F., 2016. *Using urban forms to characterize logistics profiles - the geography of freight movements in the city of Paris*. Shanghai, 14th World Conference on Transport Research.
- Biencourt, O., 1996. Concurrence par la qualité dans le transport routier de marchandises: normes ou réseaux?. *Revue d'économie industrielle*, Volume 75, pp. 211-222.
- Blanquart, C. & Carbone, V., 2008. La place du transport dans les organisations logistiques durables. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Issue 54, pp. 11-24.
- Boerkamps, J. & van Binsbergen, A., 1999. *GoodTrip - A New Approach for Modelling and Evaluation of Urban Goods Distribution*. Cairns, Australia, 1st Conference on City Logistics.
- Bonnafous, A., 2000. Les marchandises en Ville, le problème méthodologique de l'appréhension statistique. Dans: *Treizièmes entretiens Jacques Cartier, L'intégration des marchandises dans le système de déplacements urbains*. Montréal, Canada: Etudes et Recherches, pp. 85-92.
- Bonnafous, A., Patier, D., Routhier, J.-L., Toilier, F. & Sérouge, M., 2016. French surveys of the delivery approach: From cross-section to diachronic analyses. *Transportation Research Procedia : The 9th International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 181-192.
- Boudon, F., Chastel, A. & Couzy, H., 1977. *Système de l'architecture urbaine : le quartier des Halles à Paris*. Paris: CNRS.

- Bouleau, N., 1999. *Philosophies des Mathématiques et de la Modélisation - Du Chercheur à l'Ingénieur*. Paris: L'Harmattan.
- Boussier, J.-M., 2007. *Modélisation de comportements dans les systèmes dynamiques: application à l'organisation et à la régulation de stationnement et de déplacement dans les Systèmes de Trafic Urbain*. La Rochelle: Thèse de Doctorat: Université de La Rochelle.
- Bowman, J. L. & Ben-Akiva, M. E., 2001. Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35(1), pp. 1-28.
- Brenden, A. P., 2016. *Off-peak urban goods deliveries - learnings from the Stockholm Pilot*. Goteborg, Suède, VREF Urban Freight Platform Conference.
- Browne, M., 2000. Les avantages d'une approche de chaîne d'approvisionnement pour le transport urbain de fret. Dans: *L'intégration des marchandises dans le système de déplacements urbains*. Montréal, Canada: Etudes et Recherche, pp. 107-123.
- Browne, M., Allen, J., Nemoto, T., Patier, D. & Visser, J., 2012. Reducing Social and Environmental Impacts of Urban Freight Transport: A Review of Some Major Cities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 39, pp. 19-33.
- Browne, M. & Ripert, C., 2009. La démarche exemplaire de Paris pour le Transport de Marchandises en Ville. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 55, pp. 39-62.
- Buisson, C., 2014. *Impact des régulations des autoroutes périurbaines sur la congestion, la pollution et la sécurité routière*, Paris: Programme PREDIT - Mesure et mOdélisation de la COngestion et de la POLLution (MOCOPO), rapport n°1.
- Buisson, C. & Lesort, J.-B., 2010. *Comprendre le Trafic Routier - Méthodes et calculs*. Paris: Editions du CERTU.
- Calthorpe, P., 1993. *The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream*. New York, USA: Princeton Architectural Press.
- Camilleri, P. & Dabanc, L., 2017. An assessment of present and future competitiveness of electric commercial vans. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 7(1), pp. 337-364.
- Cao, J., Vasileios, N. & Menendez, M., 2013. *On-street parking near intersections: effects on traffic*. Ascona, Suisse, 13th Swiss Transport Research Conference.
- Caron, F., 1991. Contraintes de travail et représentations spatiales: un exemple chez le chauffeur-livreur. *Recherche Transports Sécurité*, Volume 30, pp. 3-10.
- Castrellon, J. P., 2016. *Off-Hour Deliveries in Bogota*. Goteborg, Suède, VREF Urban Freight Platform Conference.
- CCTN, 2014. *Comptes des Transports de la Nation*. Paris: Rapport pour la Commission des Comptes des Transport de la Nation.
- CERTU, 2005. *Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages-déplacements*, Paris: Rapport du CERTU.
- CERTU, 2009. *Aménagement des aires de livraisons – Guide pour leur quantification, leur localisation et leur qualification*, Paris: Rapport du Certu.

- CERTU, 2013. *Les enquêtes déplacements "Standard CERTU": EMD, EDVM, EDGT*, Paris: Rapport du CERTU.
- Cervero, R. & Gorham, R., 1995. Commuting in Transit Versus Automobile Neighborhoods. *Journal of the American Planning Association*, Volume 61, pp. 210-225.
- CGDD, 2015a. *Les comptes des transports en 2014*, Paris: 52e rapport à la Commission des Comptes des Transports à la Nation.
- CGDD, 2015b. *Entrepôts et plateformes logistiques*, Paris: Rapport du CGDD.
- CGSP, 2013. *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, Paris: Groupe Présidé par Emile Quinet.
- Charrin, E., 2014. *La course ou la ville*. Collection Raconter La Vie éd. Paris: Seuil.
- Cheah, L., Cheung, N., Jiatao, D., Courcoubetis, C., Xin, S., Ziqi, G., Dalla Chiara, G., 2016. *Data stories from urban loading bays*. Goteborg, Suède, VREF Urban Freight Platform Conference.
- Chen, Q., Conway, A. & Cheng, J., 2015. *The Characteristics and Traffic Impacts of Residential Delivery Activity: A New York City Case Study*. Washington, D.C., USA, Transportation Research Board's 95th Annual Meeting.
- Chen, Q., Conway, A. & Cheng, J., 2017. Parking for residential delivery in New York City: Regulations and behavior. *Transport Policy*, Volume 54, pp. 53-60.
- Chevalier, L., 1977. *L'assassinat de Paris*. Paris: Calmann-Lévy.
- Chiabaut, N., 2015. Investigating Impacts of Pickup-delivery Maneuvers on Traffic Flow Dynamics. *Transportation Research Procedia - 4th International Symposium of Transport Simulation*, Volume 6, pp. 351-364.
- Cholez, C., 2002a. *Une culture de la mobilité : trajectoires et rôles professionnels des chauffeurs-livreurs de messagerie et fret-express*. Tours: Thèse de doctorat - Université François Rabelais.
- Cholez, C., 2002b. La résolution au quotidien des contraintes urbaines par les chauffeurs-livreurs. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 41, pp. 3-30.
- Christiansen, D., 1978. Off-Street Truck-Loading Facilities in Downtown Areas: Requirements and Design. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 668, pp. 10-14.
- CNR, 2014. *Les coûts du TRM, quelles perspectives pour 2015 ?*, Paris: Rapport de l'observatoire économique du TRM.
- Combes, F., 2009. *The choice of shipment size in freight transport*. Paris: Thèse de doctorat : Université Paris XII Marne-le-Vallée.
- Combes, P.-P. & Lafourcade, M., 2005. Transport Costs: Measures, Determinants, and Regional Policy Implications for France. *Journal of Economic Geography*, 5(3), pp. 319-349.
- Commission Européenne, 2015. *EU transport in figures*, Bruxelles, Belgique: Statistical pocketbook, European Commission.
- Conway, A., 2016. *Sharing Urban Street Space*. Goteborg, Suède, VREF Conference on Urban Freight.

- Conway, A., Cheng, J., Peters, D. & Lownes, N., 2013. Characteristics of Multimodal Conflicts in Urban On-Street Bicycle Lanes. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2387, pp. 93-101.
- Conzen, M. R. G., 1960. *Alnwick, Northumberland : a Study in Townplan Analysis*. Londres: IBG Publication.
- Couture, V., Duranton, G. & Turner, M. A., 2016. Speed. *LIEPP Working Paper*, Volume 51.
- Crawford, J. H., 2005. *A Brief History of Urban Form - Street Layout Through the Ages*. [En ligne] Available at: <http://www.carfree.com/papers/huf.html> [Accès le 12 Novembre 2016].
- Cruz, C., 2011. *Le transport pour compte propre, un transport routier comme un autre ? : pratiques et territoires en France depuis la déréglementation*. Cergy-Pontoise: Thèse de doctorat: Université de Cergy-Pontoise.
- Dablanc, L., 1997. L'invisibilité juridique du transport de marchandises en ville. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 31, pp. 5-29.
- Dablanc, L., 1998. *Le transport de marchandises en ville*. Paris: Liaisons.
- Dablanc, L., 2005. *French strategic approach to urban consolidation*, Londres, UK: Bestufs II First Workshop.
- Dablanc, L., 2007. Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(3), pp. 280-285.
- Dablanc, L., 2012. *L'urbanisme de la logistique*. Paris: Habilitation à diriger des recherches: Université Paris-Est.
- Dablanc, L., 2017. Le boom des livraisons instantanées. *TEC*, Avril, pp. 20-21.
- Dablanc, L. & Adriankaja, D., 2011. Desserrement logistique en Île-de-France : la fuite silencieuse en banlieue des terminaux de fret. *Flux*, 85(3), p. 126.
- Dablanc, L., Diziain, D. & Levifve, H., 2011. Urban Freight Consultations in the Paris Region. *European Transport Research Review*, 3(1), pp. 47-57.
- Dablanc, L. & Frémont, A., 2015. *La Métropole Logistique*. Paris: Armand Collin.
- Dablanc, L. & Montenon, A., 2015. Impacts of Environmental Access Restrictions on Freight Delivery Activities - Example of Low Emissions Zones in Europe. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2478(2), pp. 12-18.
- Dablanc, L., Ogilvie, S. & Goodchild, A., 2014. Logistics Sprawl: Differential Warehousing Development Patterns in Los Angeles, California, and Seattle, Washington. *Transportation Research Record: The Journal of the Transportation Research Board*, 2410(12), pp. 105-112.
- Dablanc, L. & Ross, C., 2012. Atlanta: a mega logistics center in the Piedmont Atlantic Megaregion (PAM). *Journal of Transport Geography*, Volume 24, pp. 432-442.
- Dablanc, L. & Routhier, J.-L., 2009. La partie urbaine de la chaîne de transport: premiers enseignements tirés de l'enquête ECHO. Dans: *Apports des Enquêtes Chargeurs*. Noisy-le-Grand: Les Collections de l'INRETS, pp. 161-169.
- Danielis, R., Marcucci, E. & Rotaris, L., 2005. Logistics managers' stated preferences for freight service attributes. *Transportation Research Part E*, Issue 41, pp. 201-215.

- de Lapparent, M., 2013. *Les modèles occupation du sol-transport comme outils d'évaluation*, Paris: Rapport pour le Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective.
- De Silva, J. d. A. & Alho, A. R., 2016. Using Structural Equations Modeling to explore perceived urban freight deliveries parking issues. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, p. 15.
- Desjardins, X., 2011. Pour l'atténuation du changement climatique, quelle est la contribution possible de l'aménagement du territoire?. *Cybergéo, Revue européenne de géographie*, Issue [http://cybergeo.revues.org/23531].
- Deymier, G., Gaschet, F. & Pouyanne, G., 2013. Formes urbaines et coûts de la mobilité: une approche à partir du compte déplacement territorialisé de l'agglomération bordelaise. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 64, pp. 61-90.
- Dezi, G., Dondi, G. & Sangiorgi, C., 2010. Urban freight transport in Bologna: Planning commercial vehicle loading/unloading zones. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2(3), pp. 5990-6001.
- Diziain, D., 2006. *Les activités économiques en Ile-de-France, vers moins d'étalement?*, Paris: Cahiers de l'IAURIF.
- Dobie, K., 2005. The Core Shipper Concept: A Proactive Strategy for Motor Freight Carriers. *Transportation Journal*, 44(2), pp. 37-53.
- Donnelly, R., Wigan, M. & Thompson, R., 2009. *A hybrid microsimulation model of urban freight travel demand*, s.l.: HE Transportation and Communications.
- Dowling, R., Skabardonis, A., Carroll, M. & Wang, Z., 2003. Methodology for measuring recurrent and nonrecurrent traffic congestion. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1856, Transportation Research Board*, 1867(1), pp. 60-68.
- DRIEA, 2012. *Document d'orientations stratégiques pour le fret en Ile-de-France à l'horizon 2025*, Paris: Rapport de la DRIEA.
- DRIEA, 2016. *Sécurité Routière: Bilan Ile-de-France 2015*, Paris: Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Île-de-France.
- Duany, A. & Plater-Zyberk, E., 1991. *Towns and Town-Making Principles*. New York, USA: Rizzoli.
- Ducret, R., 2015. *Nouvelles organisations de la distribution urbaine des colis sur le dernier kilomètre : innover par une approche spatiale*. Paris: Thèse de Doctorat : Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Ducret, R. & Gonzalez-Feliu, J., 2016. Connecting Demand Estimation and Spatial Category Models for Urban Freight: First Attempt and Research Implications. *Transportation Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 142-156.
- Ducret, R., Lemarié, B. & Roset, A., 2016. Cluster Analysis and Spatial Modeling for Urban Freight. Identifying Homogeneous Urban Zones Based on Urban Form and Logistics Characteristics. *Transportation Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 301-313.
- Dupuy, G., 1995. *Les territoires de l'automobile*. Paris: Anthropos.
- Durantou, G. & Puga, D., 2001. Nursery Cities: Urban Diversity, Process Innovation, and the Life Cycle of Products. *The American Economic Review*, 91(5), pp. 1454-1477.

- ECMT, 2002. *Implementing sustainable urban travel policies*, Bruxelles, Belgique: European Conference of Ministers of Transport.
- Fabbe-Costes, N., 2007. La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : les dimensions organisationnelles d'une gestion lean et agile. Dans: *La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : perspectives stratégiques*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble, pp. 19-43.
- Fassio, G., 2006. Développement durable et organisation des réseaux industriels. *Logistique & Management*, 14(2), pp. 53-62.
- FHA, 1981. *Curbside pickup and delivery operations and arterial traffic impacts*, Washington, D.C., USA: Final Report for the Federal Highway Administration.
- Figliozi, M. A., 2007a. *The impacts of congestion on commercial vehicle characteristics and costs*. Long Beach, USA, 2nd National Urban Freight Conference.
- Figliozi, M. A., 2007b. Analysis of the efficiency of urban commercial vehicle tours: Data collection, methodology, and policy implications. *Transportation Research Part B*, Volume 41, pp. 1014-1032.
- Figliozi, M. A., Kingdon, L. & Wilkitzki, A., 2007. *Analysis of Freight Tours in a Congested Urban Area Using Disaggregated Data: Characteristics and Data Collection Challenges*. Long Beach, CA, USA, Proceedings 2nd Annual National Urban Freight Conference.
- Flonneau, M., 2003a. *L'Automobile à la Conquête de Paris - Chroniques Illustrées*. Paris: Presses ENPC.
- Flonneau, M., 2003b. L'action du district de la région parisienne et les « Dix Glorieuses de l'urbanisme automobile », 1963-1973. *Vingtième Siècle*, 79(3), pp. 93-104.
- Flonneau, M., 2005. *Paris et l'automobile : un siècle de passions*. Paris: Hachette.
- Florida, R., 2002. *The Rise of the Creative Class (and How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life)*. New York: Basic Books.
- Friedman, B., Gordon, S. P. & Peers, J. B., 1992. *The Effect of Neotraditional Design on Travel Characteristics*. Anchorage, Alaska, USA, Institute of Transportation Engineers - District 6 Annual Meeting - Compendium of Technical Papers.
- Gallez, C., Orfeuil, J.-P. & Annarita, P., 1997. L'évolution de la mobilité quotidienne. Croissance ou réduction des disparités ?. *Recherche Transports Sécurité*, Volume 56, pp. 27-42.
- Gao, J. & Ozbay, K., 2015. *Modeling Double-Parking Impacts on Urban Street*. Washington, D.C., USA, Transportation Research Board's 95th Annual Meeting.
- Gardrat, M., 2015. *The New Paris Urban Freight Survey - Method, main results and potential use for urban freight research elsewhere*. Long Beach, USA, 6th Metrans International Urban Freight Conference, Keynote Speech.
- Gardrat, M. & Serouge, M., 2016. Modeling delivery spaces schemes: is the space properly used in cities regarding delivery practices?. *Transportation Research Procedia: 9th International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 436-449.
- Gardrat, M., Toilier, F. & Sérouge, M., 2016a. *Impacts of logistics sprawl on urban goods movements – lessons from the Bordeaux surveys (1995-2013)*. Shanghai, Chine, 14th World Conference on Transport Research.

- Gardrat, M., Toilier, F., Patier, D. & Routhier, J.-L., 2016b. *The impact of new practices for supplying households on urban goods movements: method and first results*. Goteborg, Suède, VREF Urban Freight Platform Conference.
- Gérardin, B., Patier, D., Routhier, J.-L. & Segalou, E., 2000. *Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération*, Paris: Rapport MELT-DRAST - Programme Marchandises en Ville : document technique n°1.
- Geroliminis, N. & Daganzo, C. F., 2008. Existence of urban-scale macroscopic fundamental diagrams: some experimental findings. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(9), pp. 759-770.
- 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), pp. 127-140.
- Gibert, S., 2014. Les enjeux de la livraison du "dernier kilomètre". *Place Publique*, Mai-Juin, pp. 50-54.
- Gillen, D. W., 1978. Parking policy, parking location decisions and the distribution of congestion. *Transportation*, Volume 7, pp. 69-85.
- Gilli, F., 2004. *Choix de localisation des entreprises et périurbanisation des emplois*. Lille: Thèse de doctorat : Université de Lille 1.
- Giuliano, G., 1995. The Weakening Transportation-Land Use Connection. *Access*, Volume 6, pp. 3-11.
- Giuliano, G., Kang, S. & Yuan, Q., 2015. *Using proxies to describe the metropolitan freight landscape*, Los Angeles, USA: Metrofreight Report 15-1C.
- Giuliano, G., O'Brien, T., Dablanc, L. & Holliday, K., 2013. *Synthesis of Freight Research in Urban Transportation Planning*, Washington, D.C., USA: National Cooperative Freight Research Program Report.
- Giuliano, G. & Small, K. A., 1993. Is the Journey to Work Explained by Urban Structure?. *Urban Studies*, 30(9), pp. 1485-1500.
- Gonzalez-Feliu, J., 2016. *La Logistique Urbaine Durable*. Saint-Etienne: Habilitation à Diriger des Recherches: Institut Mines Télécom.
- Gonzalez-Feliu, J., Ambrosini, C. & Routhier, J.-L., 2012. New trends on urban goods movement: Modelling and simulation of e-commerce distribution. *European Transport*, Volume 50, p. 23.
- Gonzalez-Feliu, J. & Routhier, J.-L., 2012. Modeling urban goods movements: how to be oriented with so many approach?. *Procedia - Social and Behavioral Science*, Volume 39, p. 11.
- Goodchild, A. & Dubie, M., 2016. *Logistics sprawl in Chicago, Illinois*. Shanghai, Chine, Proceedings from the 14th World Conference on Transport Research.
- Gottman, J., 1961. *Megalopolis: The Urbanized Northeastern Seaboard of the United States*. New York: The twentieth. century Fund.
- Goyal, S. K. & Gomes, L. F. A. M., 1984. A model for allocating car parking spaces in universities. *Transportation Research Part B: Methodological*, 18(3), pp. 267-269.
- Greaves, S. & Figliozzi, M. A., 2008. Collecting Commercial Vehicle Tour Data with Passive Global Positioning System - Issues and Potential Application. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2049, pp. 158-166.

- Guerrero, D. & Proulhac, L., 2016. La dynamique spatiale des activités logistiques dans les aires urbaines françaises. *Cybergeo : revue européenne de géographie*, Issue <http://cybergeo.revues.org/27517>.
- Guilbault, M., 1994. *Quels besoins pour les chargeurs ? Variété de la demande et choix de transport*, Joinville: Rapport INRETS.
- Guilbault, M. & Soppé, M., 2009. Grandes tendances d'évolution des pratiques de transport et logistique au travers des enquêtes chargeurs 1988 et ECHO 2004. Dans: *Apports des enquêtes Chargeurs*. Bron: Les collections de l'INRETS, pp. 33-55.
- Guo, H., Gao, Z., Yang, X., Zhao, X. & Wang, W., 2012. Modeling Travel Time under the Influence of On-Street Parking. *Journal of Transportation Engineering*, 138(2), pp. 229-238.
- Gur, Y. J. & Beimborn, E. A., 1984. Analysis of parking in urban centres: equilibrium assignment approach. *Transportation Research Record: the Journal of the Transportation Research Board*, Volume 957, pp. 55-62.
- Habib, P. A. & Crowley, P. W., 1976. Economic Approach to Allocating Curb Space for Urban Goods Movement. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 591, pp. 18-24.
- Halbert, L., 2010. *L'avantage métropolitain*. Paris: PUF.
- Halbwachs, M., 1938. *Morphologie sociale*. Paris: Armand Collin.
- Hamelin, P., 1989. Le Temps d'un piège. *Travail*, Volume 18, pp. 24-33.
- Handy, S., 2002. *Smart Growth and The Transportation-Land Use Connection: What Does the Research Tell Us?*. College Park, Maryland, USA, "New Urbanism and Smart Growth: A Research Symposium" Conference, University of Maryland, USA.
- Handy, S. & Clifton, K. J., 1996. Methodologies for Exploring the Link Between Urban Form and Travel Behavior. *Transportation Research part D*, 1(2), pp. 151-165.
- Han, L. D., Chin, S.-M., Franzese, O. & Hwang, H., 2005. Estimating the Impact of Pickup and Delivery Related Illegal Parking Activities on Traffic. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1906, pp. 49-55.
- Hansen, M., Gillen, D. & Puvathingal, M., 1998. *Freeway Expansion and Land Development: An Empirical Analysis of Transportation Corridors*, Berkeley, California, USA: University of California Transportation Center no. 511.
- Harnay, P., Cruz, C. & Dablanc, L., 2014. La sous-traitance de la messagerie urbaine : logiques économiques et rapports de dépendance. *Socioéconomie du travail*, 48(36), pp. 1-27.
- HAROPA, 2015. *Rapport d'activités 2015*, Paris: Ports de Paris - HAROPA.
- Heitz, A. & Beziat, A., 2015. The Parcel Industry in the Spatial Organization of Logistics Activities in the Paris Region: Inherited Spatial Patterns and Innovations in Urban Logistics Systems. *Transport Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 812-824.
- Heitz, A. & Dablanc, L., 2015. Logistics Spatial Patterns in Paris: The Rise of the Paris Basin as a Logistics Megaregion. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2477, pp. 76-84.

- Heitz, A., Dablanc, L., Olsson, J., Sanchez-Diaz, I., & Woxenius, J., 2016b. *Spatial patterns of logistics facilities in Gothenburg, Sweden*. Shanghai, China, Proceedings from the 14th World Conference on Transport Research.
- Heitz, A., Dablanc, L. & Tavasszy, L., 2016a. *Logistics sprawl in monocentric and polycentric metropolitan areas: The cases of Paris, France, and the Randstad, The Netherlands*. Shanghai, Chine, Proceedings from the 14th World Conference on Transport Research.
- Heitz, A., Launay, P. & Beziat, A., 2016. *Heterogeneity of Logistics Facilities: An Issue for a Better Understanding and Planning of the Location of Logistics Facilities*. Goteborg, Suède, VREF Conference on Urban Freight.
- Hensher, D. A. & King, J., 2001. Parking demand and responsiveness to supply, pricing and location in the Sydney central business district. *Transportation Research Part A*, Volume 35, pp. 177-196.
- Hillier, B., 1996. *Space is the Machine*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Holguín-Veras, J., 2016. *Direct Impacts of Off-Hour Deliveries on Freight Emissions*. Gothenburg, Sweden, VREF Urban Freight Platform Conference.
- Holguín-Veras, J. & Cetin, M., 2009. Optimal tolls for multi-class traffic: Analytical formulations and policy implications. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(4), pp. 445-467.
- Holguín-Veras, J. & Jaller, M., 2014. Comprehensive Freight demand data collection framework for large urban areas. Dans: *Sustainable Urban Logistics Concepts, Methods and Information Systems*. Berlin, Allemagne: Springer, pp. 91-112.
- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Sanchez-Diaz, I., Woktowicz, J., Campbell, S., Levinson, C., Powers, E. L. & Tavasszy, L., 2012. *Freight Trip Generation and Land Use*, Washington, D.C., USA: National Cooperative Freight Research Program Report.
- Holguín-Veras, J., Lawson, C., Wang, C., Jaller, M., Gonzalez-Calderon, C., Campbell, S., Kalahashti, L. & Woktowicz, J., 2016. *Using Commodity Flow Survey Microdata and Other Establishment Data to Estimate the Generation of Freight, Freight Trips, and Service Trips: Guidebook*, Washington, D.C., USA: Pre-publication draft of NCFRP Research Report 37.
- Holguín-Veras, J., Lawson, C., Wang, C., Jaller, M., Gonzalez-Calderon, C., Campbell, S., Kalahashti, L. & Woktowicz, J., 2016. *Using Commodity Flow Survey Microdata and Other Establishment Data to Estimate the Generation of Freight, Freight Trips, and Service Trips: Guidebook*, Washington, D.C., USA: Pre-publication draft of NCFRP Research Report 37.
- Holguín-Veras, J., Ozbay, K., Kornhauser, A., Brom, M., Yier, S., Yushimito, W., Ukkusuri, S., Allen, B., Silas, M., 2011a. Overall Impacts of Off-Hour Delivery Programs in New York City Metropolitan Area. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2238, pp. 68-76.
- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Destro, L., Ban, X., Lawson, C. & Levinson, H. S., 2011b. Freight generation, freight trip generation, and the perils of using constant freight trips. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2224, pp. 68-81.
- Holguín-Veras, J., Ozbay, K., Kornhauser, Shorris, A., Ukkusuri, S., 2010. *Integrative Freight Demand Management in the New-York City Metropolitan Area*, New York, US: Final Report : US DOT.

- Holguín-Veras, J. & Patil, G., 2005. Observed Trip Chain Behavior of Commercial Vehicles. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 1906(1), pp. 74-80.
- Holguín-Veras, J. & Sanchez-Diaz, I., 2016. Freight Demand Management and the Potential of Receiver-Led Consolidation programs. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 84, pp. 109-130.
- Holguín-Veras, J. & Thorson, E., 2000. Trip Length Distributions in Commodity-Based and Trip-Based Freight Demand Modeling - Investigation of Relationships. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1707, pp. 37-48.
- Holguín-Veras, J., Thorson, E., Wang, Q., Xu, N., Gonzalez-Calderon, C., Sanchez-Diaz, I., Mitchell, J., 2013. Urban Freight Tour Models: State of the Art and Practice. Dans: *Freight Transport Modelling*. Bingley: Emerald, pp. 335-351.
- Holguín-Veras, J., Wang, C., Browne, M., Hodge, S. D. & Wojtowicz, J., 2014. The New York City Off-Hour Delivery Project: Lessons for City Logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 125, pp. 36-48.
- Huang, J., Lu, X. X. & Sellers, J. M., 2007. A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, Volume 82, pp. 184-197.
- Hunt, J. D. & Stefan, K. J., 2007. Tour-based microsimulation of urban commercial movements. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(9), pp. 981-1013.
- Hunt, J. D., Stefan, K. J. & Brownlee, A. T., 2006. Establishment-Based Survey of Urban Commercial Vehicle Movements in Alberta, Canada: Survey Design, Implementation, and Results. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 1957(1), pp. 75-83.
- Hunt, J. D. & Teply, S., 1993. A nested logit model of parking location choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 27(4), pp. 253-265.
- IAURIF, 2013. *La Circulation Routière en Ile-de-France en 2010*, Paris: Note Rapide de l'IAU.
- INRIX, 2014. *The future economic and environmental costs of gridlock in 2030 – an assessment of the direct and indirect economic and environmental costs of idling in road traffic congestion to households in the UK, France, Germany and the USA*, Kirkland, USA: Report for INRIX.
- INSEE, 2011. *Comprendre SIRENE*, Paris: INSEE - Bases de Données.
- INSEE, 2015. *375 000 emplois salariés dans la logistique en Ile-de-France*, Paris: INSEE Analyse n°13.
- INSEE, 2016. *Produits intérieurs bruts régionaux et valeurs ajoutées régionales de 1990 à 2013*. [En ligne] Available at: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1893220> [Accès le 1 Décembre 2016].
- Jaller, M., Holguín-Veras, J. & Hodge, S., 2013. Parking in the City: Challenges for Freight Traffic. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2379, pp. 46-56.
- James, S. & Gressel, R., 2016. *La mobilité liée à l'activité professionnelle entre contraintes et ressources : le cas des professionnels mobiles*. Montréal, Canada, XX^e Congrès international des sociologues de langue française .

- Jin, C.-J., Wang, W., Jiang, R., Zhang, H. M., Wang, H & Hu, M.-B., 2015. Understanding the structure of hyper-congested traffic from empirical and experimental evidences. *Transportation Research Part C*, Volume 60, pp. 324-338.
- Ji, Y., Daamen, W., Hoogendoorn, S., Hoogendorn-Lanser, S., Qian, X., 2010. Investigating the shape of the macroscopic fundamental diagram using simulation data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2161, pp. 40-48.
- Kerner, B. S., 2009. *Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control - The Long Road to Three-Phase Traffic Theory*. Berlin, Allemagne: Springer.
- Kitamura, R., Patricia, L. & Laidet, L., 1997. A Micro-Analysis of Land Use and Travel in Five Neighborhoods in the San Francisco Bay Area. *Transportation*, 24(2), pp. 125-158.
- Kladefthiras, M. & Antoniou, C., 2013. Simulation-Based Assessment of Double-Parking Impacts on Traffic and Environmental Conditions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2390, pp. 121-130.
- Koning, M., 2011. *Essais sur la Congestion dans les Transports à Paris*. Paris: Thèse de doctorat - Université Paris I.
- Koning, M. & Conway, A., 2016. The good impacts of biking for goods: Lessons from Paris city. *Case Studies on Transport Policy*, 4(4), pp. 259-268.
- La Croix, 2016. *Le commerce électronique au défi du dernier kilomètre*. [En ligne] Available at: <http://www.la-croix.com/Economie/Economie-et-entreprises/Le-commerce-electronique-defi-dernier-kilometre-2016-12-19-1200811501> [Accès le 20 Mars 2017].
- Lacour, C. & Puissant, S., 1999. *La métropolisation - Croissance, diversité et fractures*. Collection Villes éd. Paris: Anthropos-Economica.
- Lambe, T. A., 1996. Driver Choice of Parking in the City. *Socio-Economic Planning Sciences*, 30(3), pp. 207-219.
- Launay, P., 2017. *Dynamiques territoriales et organisationnelles des réseaux de messagerie (titre provisoire)*. Paris: Thèse de Doctorat à paraître: Université Paris-Est Marne-la-Vallée.
- Le Figaro, 2016. *Voies sur berges: 168 maires en colère écrivent à Anne Hidalgo*. [En ligne] Available at: <http://www.lefigaro.fr/actualite-france/2016/11/29/01016-20161129ARTFIG00346-voies-sur-berges-168-maires-en-colere-ecrivent-a-anne-hidalgo.php> [Accès le 2 Décembre 2016].
- Le Goff, J., 1980. *Histoire de la France urbaine. La ville médiévale*. Paris: Le Seuil.
- Le Monde, 2016. *A Paris, la moitié de l'espace public est réservé à l'automobile*. [En ligne] Available at: http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2016/11/30/a-paris-la-moitie-de-l-espace-public-est-reservee-a-l-automobile_5040857_4355770.html [Accès le 2 Décembre 2016].
- Le Néchet, F., 2011. Consommation d'énergie et mobilité quotidienne selon la configuration des densités dans 34 villes européennes. *Cybergeo : revue européenne de géographie*, Issue <http://cybergeo.revues.org/23624>.
- Lebeau, P. & Macharis, C., 2014. *Le transport de marchandises à Bruxelles : quels impacts sur la circulation automobile ?*. [En ligne] Available at: <http://brussels.revues.org/1236> [Accès le 12 Janvier 2017].

- Lebeau, P., Macharis, C., Van Mierlo, J. & Lebeau, K., 2015. Electrifying light commercial vehicles for city logistics? A total cost of ownership analysis. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 15(4), pp. 551-569.
- Ledrut, R., 1968. *Sociologie Urbaine*. Paris: PUF.
- Lefauconnier, A. & Gantelet, E., 2005. *La recherche d'une place de stationnement: stratégies, nuisances associées, enjeux pour la gestion du stationnement en France*, Paris: Rapport de Sareco dans le cadre du Predit pour le Compte de l'ADEME.
- Lesteven, G., 2012. *Les stratégies d'adaptation à la congestion automobile dans les grandes métropoles. Analyse à partir des cas de Paris, São Paulo et Mumbai*. Paris: Thèse de doctorat : Université Panthéon-Sorbonne - Paris I.
- LET, 2000. *Mesurer l'impact du transport de marchandises en ville : Le modèle de simulation Freturb (V1)*, Lyon: Rapport DRAST - ADEME.
- Leurent, F., Breteau, V. & Wagner, N., 2009. *Coût marginal social de la congestion routière. Actualisation et critique de l'approche Hautreux*, Paris: LVMT, rapport pour le compte du MEDDAT.
- Lévy, A., 2005. Formes urbaines et significations : revisiter la morphologie urbaine. *Espaces et sociétés*, 3(122), pp. 25-48.
- Liedtke, G., 2009. Principles of micro-behavior commodity transport modeling. *Transportation Research Part E*, Volume 45, pp. 795-809.
- Lincoln Institute of Land Policy, 2012. *Atlas of Urban Expansion*. [En ligne] Available at: <http://atlasofurbanexpansion.org/historical-data> [Accès le 29 Novembre 2016].
- London Assembly, 2017. *London stalling - Reducing traffic congestion in London*, London, UK: Report from London Assembly.
- Lopez, C., Gonzalez-Feliu, J., Chiabaut, N. & Leclercq, L., 2016. *Assessing the impacts of goods deliveries' double line parking on the overall traffic under realistic conditions*. Bordeaux, 6th Information Systems Logistics and Supply-Chain International Conference.
- Lorino, P., 1995. Le déploiement de la valeur par les processus. *Revue française de gestion*, Volume 104, pp. 55-71.
- Loyer, F., 1987. *Paris XIXe siècle, l'immeuble et la rue*. Paris: Hazan.
- Macario, R., 2013. Modeling for public policies inducement of urban freight business development. Dans: *Freight Transport Modeling*. Anvers: Emerald Group, pp. 405-432.
- Macario, R., Filipe, L., Martins, P. & Reis, V., 2007. *Urban mobility management: what about distribution of urban goods?*. Berkeley, USA, 11th World Conference on Transportation Research.
- Macharis, C. & Melo, S., 2011. *City distribution and urban freight transport - Multiple perspectives*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishings.
- Macharis, C. & Milan, L., 2015. Transition through dialogue: A stakeholder based decision process for cities: The case of city distribution. *Habitat International*, 45(2), pp. 82-91.
- Macharis, C., Van Hoeck, E., Verlinde, S., Debauche, W. & Witlox, F., 2011. Multi-actor multi-criteria analysis: a case-study on night-time delivery for urban distribution. Dans: *City distribution and urban freight transport - Multiple perspectives*. Northampton: Edward Elgar, pp. 101-119.

- Manning, I., 1979. The journey to work. Dans: *Transportation in Cities*. New York, USA: Pergamon, p. 194.
- Mareï, N., Aguilera, A., Belton-Chevalier, L., Blanquart, C. & Seidel, S., 2016. Pratiques et lieux du e-commerce alimentaire - Nouvelles logistiques, nouvelles mobilités ?. *NETCOM*, 30(1), pp. 119-138.
- Marsden, G., 2006. The evidence base for parking policies - a review. *Transport Policy*, Volume 13, pp. 447-457.
- Marshall, W. E., Garrick, N. W. & Hansen, G., 2008. Reassessing On-Street Parking. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2046, pp. 45-52.
- Mason, F., Fabart, A. & Lille, F., 1977. *Le transport routier pour compte propre*, Paris: Groupe d'Études pour l'Équipement, les Transports et l'Aménagement.
- Mayeres, I., Ochelen, S. & Proost, S., 1996. The marginal external costs of urban transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1(2), pp. 111-130.
- McDermott, D. R., 1980. Urban Goods Movement: State of the Art and Future Possibilities. *Transportation Journal*, 41(2), pp. 34-40.
- Merlin, P. & Choay, F., 2010. *Dictionnaire de l'Urbanisme et de l'Aménagement*. Paris: PUF.
- Mills, E. S., 1967. An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. *American Economic Review*, Volume 57, pp. 197-210.
- Mommens, K., van Lier, T. & Macharis, C., 2016. Loading Unit in Freight Transport Modelling. *Procedia Computer Science*, Volume 83, pp. 921-927.
- Monnet, J., 2012. Villes et Loisirs: Les usages de l'espace public. *Historiens & Géographes*, Volume 419, pp. 201-213.
- Moridpour, S., Mazloumi, E. & Mesbah, M., 2015. Impacts of heavy vehicles on surrounding traffic characteristics. *Journal of Advanced Transportation*, 49(4), pp. 535-552.
- Morvan, Y., 1991. *Fondements d'économie industrielle*. Paris: Economica.
- Muñuzuri, J., Larrañeta, J., Onieva, L. & Cortes, P., 2005. Solutions Applicable by Local Administrations for Urban Logistics Improvement. *Cities*, Volume 22, pp. 15-28.
- Muñuzuri, J., Racero, J. & Larrañeta, J., 2002. Parking search modelling in freight transport and private traffic simulation. Dans: *Urban Transport VIII*. Southampton, UK: WIT Press, p. 10.
- Muth, R. F., 1969. *Cities and housing*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Nemoto, T., Browne, M., Visser, J. & Castrp, J., 2005. *Intermodal transport and city logistics policies*. Langkawi, Malaisie, 4th International Conference on City Logistics.
- Newman, P. W. G. & Kenworthy, J. R., 1989a. Gasoline Consumption and Cities - A comparison of US cities with a global survey. *Journal of the American Planning Association*, 55(1), pp. 24-37.
- Newman, P. W. G. & Kenworthy, J. R., 1989b. *Cities and automobile dependence: An international sourcebook*. Aldershot, UK: Cower.
- Newman, P. W. G. & Kenworthy, J. R., 1996. The land use-Transport connection : an Overview. *Land Use Policy*, 13(1), pp. 1-22.

- Newman, P. W. G. & Kenworthy, J. R., 1999. *Sustainability and Cities : Overcoming Automobile Dependence*. Washington, D.C., USA: Island Press.
- Noel, N., 2003. *Formes urbaines, aménagements routiers et usage de la bicyclette*. Laval, Québec: Thèse de doctorat - Université de Laval.
- Noland, R. B. & Small, K. A., 1995. Travel-time uncertainty, departure time choice, and the cost of the morning commute. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1856, Transportation Research Board*, Volume 1493, pp. 150-158.
- Notteboom, T. & Rodrigue, J.-P., 2007. Re-Assessing Port-Hinterland Relationships in the Context of Global Commodity Chains. Dans: *Ports, Cities, and Global Supply Chains*. London: Ashgate.
- Nour Eldim, M. S., El-Reedy, T. Y. & Ismail, H. K., 1981. A combined parking and traffic assignment model. *Traffic assignment and control*, 22(10), pp. 524-530.
- Nourinejad, M. & Roorda, M., 2016. Parking enforcement policies for commercial vehicles. *Transportation Research Part A*, p. 18.
- Nourinejad, M., Wenneman, A., Nurul Habib, K. & Roorda, M. J., 2014. Truck parking in urban areas: Application of choice modelling within traffic microsimulation. *Transportation Research Part A*, Volume 64, pp. 54-64.
- Nurul Habib, K. M., Morency, C. & Trépanier, M., 2012. Integrating parking behaviour in activity-based travel demand modelling: Investigation of the relationship between parking type choice and activity scheduling process. *Transportation Research Part A*, Volume 46, pp. 154-166.
- Nuzzolo, A., Crisalli, U. & Comi, A., 2012. A system of models for the simulation of urban freight restocking tours. *Procedia - Social and Behavioral Sciences - The Seventh International Conference on City Logistics*, Volume 39, pp. 664-676.
- OCDE, 1996. *Towards sustainable transportation, Overview of the Vancouver Conference*, Vancouver, Canada: Rapport de l'OCDE.
- OCDE, 2003. *Delivering the Goods: 21st Century Challenges to Urban Goods Transport*, Paris: OCDE Publishing.
- Ogden, K. W., 1977. Modelling urban freight generation. *Traffic Engineering and Control*, Volume 18, pp. 106-109.
- Oliveira, L. K., Santos, O. R., Nobrega, R. A. A. & Dablanc, L., 2016. *The geography of warehousing in Belo Horizonte (Brazil)*. Shanghai, Chine, Proceedings of the 14th World Conference on Transport Research.
- OMNIL, 2012. *Enquête globale transport: La mobilité en Ile-de-France*, Paris: Rapport n°1.
- ONISR, 2016. *La sécurité routière en France - Bilan de l'accidentalité de l'année 2015*, Paris: Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière.
- Outwater, M., Islam, N. & Spear, B., 2005. *The Magnitude and Distribution of Commercial Vehicles in Urban Transportation..* Washington D.C., USA, 84th Transportation Research Board Annual Meeting - Compendium of Papers.
- OVE, 2013. *Le TCO Scope 2013: l'outil de référence des gestionnaires de flottes*, Paris: Le Journal de l'Observatoire des Véhicules d'Entreprise.

- Paché, G., 1998. Distribution alimentaire et prestation de services logistiques – Les singularités du modèle français. *Economie Rurale*, 245(1), pp. 49-55.
- Park, R. E. & Burgess, E. W., 1921. *Introduction to the Science of Sociology*. Chicago, USA: The University of Chicago Press.
- Parry, I. & Small, K. A., 2005. Does Britain and the US have the Right Gasoline Tax?. *American Economic Review*, Volume 95, pp. 1276-1289.
- Patier, D., Cholez, C., Routhier, J.-L. & Ambrosini, C., 2004. *Methodologie des enquêtes tournées dans les agglomérations urbaines*, Lyon: Rapport pour la DRAST - Volume 1.
- Patier, D., David, B., Chalon, R. & Deslandres, V., 2014. A New Concept for Urban Logistics Delivery Area Booking. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 125, pp. 99-110.
- Patier, D. & Routhier, J.-L., 2009a. Une méthode d'enquête du transport de marchandises en ville pour un diagnostic en politiques urbaines. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 55, pp. 11-38.
- Patier, D. & Routhier, J.-L., 2009b. How to improve the capture of urban goods movements data. Dans: *Transport Survey Methods - Keeping up with a Changing World*. Bingley, USA: Emerald, pp. 251-287.
- Patier, D., Routhier, J.-L. & Ambrosini, C., 2000. *Transport de marchandises en ville: Enquêtes quantitatives réalisées à Dijon et Marseille*, Lyon: Rapport final MELT-DRAST.
- Patier, D., Routhier, J.-L., Ambrosini, C., Durand, S., Bossin, P., Gelas, P. & Le Nir, M., 1997. *Transport de marchandises en ville: Enquête quantitative réalisée à Bordeaux*, Lyon: Rapport Final MELT-DRAST.
- Pearce, D. G., 1998. Tourist districts in Paris: structure and functions. *Tourism Management*, 19(1), pp. 49-65.
- Petiot, R., 2000. *La fraude au stationnement : Enjeux et analyse économique des comportements*. Lyon: Thèse de Doctorat : Université Lumière Lyon 2.
- Pigou, A., 1912. *Wealth and Welfare*. Londres, UK: Macmillan & co.
- Pinon, P., 1988. La morphologie urbaine, entre "vieille géographie" et nouvelle histoire. *Villes en parallèle*, 12(13), pp. 89-99.
- Pinon, P. & Des Cars, J., 1991. *Paris-Haussmann*. Paris: Pavillon de l'Arsenal-Picard.
- Pluvinet, P., Gonzalez-Feliu, J. & Ambrosini, C., 2012. GPS data analysis for understanding urban goods movement. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 39, pp. 450-462.
- Polèse, M. & Shearmur, R., 2009. *Economie Urbaine et Régionale*. Paris: Economica.
- Portilla, A. I., Oreña, B. A., Berodia, J. L. M. & Diaz, F. J. R., 2010. Using M/M/Queueing Model in On-Street Parking Maneuvers. *Journal of Transportation Engineering*, 135(8), p. 9.
- Pouyanne, G., 2004. Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine-mobilité. Méthodologie et premiers résultats. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 45, pp. 49-82.
- Prestum, T., 2016. *The role of national authorities and interaction between planning levels*. Goteborg, Suède, VREF Conference on Urban Freight.

- Prud'homme, R., 1999a. *La congestion et ses coûts*, Paris: Documents des Annales des Ponts et Chaussées.
- Prud'homme, R., 1999b. Les coûts de la congestion dans la région parisienne. *Revue d'économie politique*, 109(4), pp. 426-449.
- Quinet, E., 2013. *Evaluation socioéconomique des investissements publics*, Paris: Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective.
- RAC Foundation, 2004. *Parking in Transport Policy*, London, UK: RAC Foundation, Pall Mall.
- Raimbault, N., 2014. *Gouverner le développement logistique de la métropole : périurbanisation, planification et compétition métropolitaine, le cas du bassin parisien et éclairages étrangers*. Paris: Thèse de Doctorat : Université Paris Est - Marne-la-Vallée.
- Raimbault, N., Douet, M. & Frémont, A., 2013. Les implantations logistiques entre réseaux et territoires. *L'Espace Géographique*, 42(1), pp. 32-43.
- Raynaud, D., 1999. Forme urbaine: une notion exemplaire du point de vue de l'épistémologie des sciences sociales. Dans: *Langages singuliers et partagés de l'urbain*. Paris: L'Harmattan, pp. 93-120.
- Regan, A. C. & Garrido, R., 2001. Modelling freight demand and shipper behaviour: State of the art, future directions. Dans: *Travel behaviour research*. New York, USA: Elsevier, pp. 185-215.
- Région Ile-de-France, 2008. *SDRIF Schéma de Développement de la Région Ile-de-France*, Paris: Région Ile-de-France.
- Région Ile-de-France, 2013. *SDRIF - Schéma de Développement Régional de la Région Ile-de-France*, Paris: Région Ile-de-France.
- Région Ile-de-France, 2014a. *Enquête Transport de Marchandises en Ville - Méthodologie et Premiers Résultats*, Paris: Brochure de la Région Ile-de-France.
- Région Ile-de-France, 2014b. *ETMV IDF - Présentation des résultats préliminaires*, Paris: Comité de pilotage du 14 mai 2014.
- Reid, E. & Cervero, R., 2001. Travel and the Built Environment. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1780, pp. 87-114.
- Reigner, H., Brenac, T. & Hernandez, F., 2013. *Nouvelles idéologies urbaines - Dictionnaire critique de la ville mobile, verte et sûre*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Renaut, L., 1987. Situations de travail des chauffeurs-livreurs: étude préliminaire réalisée dans le secteur de la messagerie. *Recherche Transports Sécurité*, Volume 16, pp. 23-30.
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C. & Slack, B., 2017. *The Geography of Transport System*. 4th Edition éd. New York: Routledge.
- Roncayolo, M., 2002. *Lectures de ville, formes et temps*. Paris: Parenthèses.
- Roorda, M. J., Cavalcante, R., McCabe, S. & Kwan, H., 2010. A conceptual framework for agent-based modelling of logistics services. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(1), pp. 18-31.
- Roorda, M., Meyburg, A. & Browne, M., 2009. Surveys on urban freight transport: synthesis of a workshop. Dans: *Transport Survey Methods: Keeping up with a Changing World*. Bingley: Emerald, pp. 289-294.

- Roorda, M., Miller, E. J. & Habib, K. H. N., 2008. Validation of TASHA: A 24-h activity scheduling microsimulation model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(2), pp. 360-375.
- Rouleau, B., 1965. *Le tracé des rues de Paris. Formation, typologies, fonctions*. Paris: CNRS.
- Routhier, J.-L., Dufour, J.-G. & Patier, D., 2002. *Du Transport de Marchandises en Ville à la Logistique Urbaine*, Paris: Centre de prospective et de veille scientifique - Direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques.
- Routhier, J.-L. & Gonzalez-Feliu, J., 2013. Transport de marchandises et formes urbaines : Vingt ans de recherche et d'expérimentations. Dans: *Ville et Mobilité. Nouveaux regards*. Paris: Economica, pp. 57-81.
- Routhier, J.-L., Segalou, E. & Durand, S., 2002b. *Mesurer l'impact du transport de marchandises en ville : Le modèle de simulation Freturb VI*, Paris: Rapport DRAST.
- Routhier, J.-L. & Toilier, F., 2007. *Freturb v3, a policy oriented software of modeling urban goods movements*. Berkeley, USA, 11th World Conference on Transport Research.
- Sakai, T., Kawamura, K. & Hyodo, T., 2015. Locational dynamics of logistics facilities: Evidence from Tokyo. *Journal of Transport Geography*, Volume 46, pp. 10-19.
- Sakai, T., Kawamura, K. & Hyodo, T., 2017. Spatial reorganization of urban logistics system and its impacts: Case of Tokyo. *Journal of Transport Geography*, Volume 60, pp. 110-118.
- Sassen, S., 1991. *La Ville globale : New York, Londres, Tokyo*. Princeton, USA: Princeton Paperbacks.
- Sauvage, T., 1995. *L'évolution des coûts de distribution et la maîtrise des reports de coûts ; exemples liés à la grande distribution urbaine et au transport urbain de messagerie*, Paris: Rapport pour la DTT/SAE - Tome 1.
- Savy, M., 1993. Logistique et territoire. *Espace géographique*, 22(3), pp. 210-218.
- Savy, M., 2011. *Le transport de marchandises*. Paris: Eyrolles.
- Scherer, F. M. & Ross, M., 1990. *Industrial Market Structure and Economic Performance*. Chicago: Houghton Mifflin.
- Scherrer, F., 2013. Préface. Dans: *Nouvelles Idéologies Urbaines - Dictionnaire critique de la ville mobile, verte et sûre*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, pp. 9-11.
- Schwarz, N., 2010. Urban form revisited—Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*, Volume 96, pp. 29-47.
- SETRA, 2001. *Fonction temps-débit sur les autoroutes interurbaines : rénovations des relations entre temps de parcours et débit pour la simulation de trafic*, Paris: Rapport Technique du SETRA.
- Shinghai, N. & Fawkes, T., 2002. Freight mode choice and adaptive stated preferences. *Transportation Research part E: Logistics and Transportation Review*, 38(5), pp. 367-378.
- Small, K. A. & Chu, X., 2003. Hypercongestion. *Journal of Transport Economics and Policy*, 37(3), pp. 319-352.
- Small, K. A. & Verhoef, E. T., 2007. *The economics of urban transportation*. Oxford, UK: Routledge.
- SOES, 2012. *Le bilan social annuel du transport routier de marchandises en 2012*, Paris: Rapport du Service de l'Observation et des Statistiques.

- Spiess, H., 1990. Technical note – Conical Volume-delay functions. *Transportation Science*, 24(2), pp. 153-158.
- Stefan, K. J., McMillan, J. D. P. & Hunt, J. D., 2005. Urban Commercial Vehicle Movement Model for Calgary, Alberta, Canada. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 1921(1), pp. 1-10.
- Strale, M., Te Boeveldt, G., Macharis, C. & Dobruszkes, F., 2016. *Logistics sprawl in the Brussels metropolitan area: Territorial, socioeconomic and political aspects*. Shanghai, Chine, Proceedings of the 14th World Conference on Transport Research.
- Suescun, J. P. B. & Daravina, P. A. C., 2016. *The paradox of land use and logistic settlements: Logistic sprawl and polarization in Colombian urban areas*. Shanghai, Chine, Proceedings of the 14th World Conference on Transport Research.
- Taniguchi, E. & Thompson, R., 2003. *Visions for City Logistics*. Madère, Portugal, Proceedings of the 3rd International Conference on City Logistics.
- Taniguchi, E. & Thompson, R., 2004. Modelling Effects of E-commerce on Urban Freight Transport. *Logistics Systems for Sustainable Cities*, Volume 1, pp. 135-146.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G. & Yamada, T., 2001. Recent advances in modelling City Logistics. Dans: *City Logistics II*. Japan: Institute of Systems Science Research, pp. 3-33.
- Taniguchi, E., Thompson, R. & Yamada, T., 2012. Emerging techniques for enhancing the practical application of city logistics models. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 39, pp. 3-18.
- Taniguchi, E. & Van der Heijden, R., 2000. An evaluation methodology for city logistics. *Transport Reviews*, 20(1), pp. 65-90.
- Thompson, R. G. & Richardson, A. J., 1998. A Parking Search Model. *Transportation Research Part A*, 32(3), pp. 159-170.
- Toilier, F., Alligier, L., Patier, D. & Routhier, J.-L., 2005. *Vers un modèle global de la simulation de la logistique urbaine : FRETURB, version 2*, Paris: Rapport Final MELT-DRAST.
- Toilier, F., Serouge, M., Patier, D. & Routhier, J.-L., 2015. *Enquête Marchandises en Ville réalisée à Bordeaux en 2012 - 2013*, Lyon: Rapport d'Enquête.
- Toilier, F., Sérouge, M., Routhier, J.-L., Patier, D. & Gardrat, M., 2016. How can urban goods movements be surveyed in a megacity ? The case of the Paris Region. *Transportation Research Procedia : Tenth International Conference on City Logistics, Tenerife, Spain*, Volume 12, pp. 570-583.
- Transport for London, 2017. *Kerbside Loading Guidance*, Londres, UK: Transport for London - Mayor of London.
- TRB, 2010. *Highway Capacity Manual*, Washington, D.C., USA: Transportation Research Board, National Research Council.
- Tsai, Y.-H., 2005. Quantifying Urban Form: Compactness versus "sprawl". *Urban Studies*, 42(1), pp. 141-161.
- Tsukaguchi, H. & Jung, H., 1989. *Basic considerations on parking strategy in central business districts to obtain a better*. Yokohama, Japan, Proceedings of the 5th World Conference on Transport Research.

- TURBLOG, 2011. *Transferability of urban logistics concepts and practices from a worldwide perspective*, Lisbonne: 7FP Research Program of the European Commission.
- UITP, 2015. *Mobility in cities database*, Bruxelles, Belgique: Synthesis Report from the Union Internationale des Transports Publics.
- URF, 2013. *Faits et chiffres 2013 – Statistiques des transports*, Paris: Rapport de l'Union Routière Française.
- Van Criekingen, M. & Fleury, A., 2006. La ville branchée : gentrification et dynamiques commerciales à Bruxelles et à Paris. *Belgeo*, 1(2), pp. 113-134.
- Van der Groot, D., 1982. A model to describe the choice of parking places. *Transportation Research Part A: General*, 16(2), pp. 109-115.
- Vanco, F., 2011. *Formes urbaines et durabilité du système de transports. Une application par les coûts de la mobilité urbaine des ménages au sein de l'agglomération Lyonnaise*. Lyon: Thèse de doctorat - Université Lumière - Lyon II.
- Veltz, P., 1996. *Mondialisation, villes et territoires*. Paris: PUF.
- Verhoef, E. T., 2001. An integrated dynamic model of road traffic congestion based on simple car-following theory: exploring hypercongestion. *Journal of Urban Economics*, 49(3), pp. 505-542.
- Verlinde, S., Macharis, C., Milan, L. & Kin, B., 2014. Does a Mobile Depot Make Urban Deliveries Faster, More Sustainable and More Economically Viable: Results of a Pilot Test in Brussels. *Transportation Research Procedia*, Volume 4, pp. 361-373.
- Verlinde, S., Macharis, C. & Witlox, F., 2012. How to Consolidate Urban Flows of Goods Without Setting up an Urban Consolidation Centre?. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 39, pp. 687-701.
- Viala, L., 2005. Contre le déterminisme de la forme urbaine, une approche totale de la forme de la ville. *Espaces et sociétés*, 122(3), p. 99 à 114.
- Ville de Paris, 2005. *Guide technique des aires de livraisons pour la ville de Paris*, Paris: Ville de Paris.
- Ville de Paris, 2008. *Le bilan des déplacements en 2008 à Paris*, Paris: Rapport de l'Observatoire des Déplacements.
- Ville de Paris, 2010. *Le bilan des déplacements en 2010 à Paris*, Paris: Rapport de l'Observatoire des Déplacements.
- Ville de Paris, 2014. *Le Bilan des Déplacements en 2014 à Paris*, Paris: Rapport de l'Observatoire des Déplacements.
- Ville de Paris, 2016. *Données trafic issues des capteurs permanents*, Paris: Direction de la voirie et des déplacements.
- Vlès, V., 2011. ntre redynamisation urbaine et banalisation des espaces : tensions et enjeux de l'urbanisme touristique. *Mondes du tourisme*, 1(3), pp. 14-25.
- Vleugel, J. & Janic, M., 2004. *Route choice and the impact of 'Logistic routes'*. Madère, Portugal, Logistics Systems for Sustainable Cities: Proceedings of the 3rd International Conference on City Logistics, pp. 221-233.

- von Thünen, J. H., 1851. *Recherches sur l'influence que le prix des grains, la richesse du sol et les impôts exercent sur les systèmes de culture*. Paris: Guillaumet et Cie.
- Wainwright, I., 2016. *Planning for the better use of public space*. Goteborg, Suède, VREF Conference on Urban Freight.
- Wang, Q. & Holguín-Veras, J., 2009. *Tour-based entropy maximization formulations of urban commercial vehicle movements*. Washington, D.C., USA, Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- Weber, M., 1982. *La Ville*. Paris: Aubier.
- Webster, N. & Elefteriadou, L., 1999. A simulation study of passenger car equivalents (PCE) on basic freeway sections. *Transportation Research Part B: Methodological*, 33(5), pp. 323-336.
- Wegener, M., 2004. Overview of land-use transport models. Dans: *Transport Geography and Spatial Systems*. Amsterdam, Pays-Bas: Elsevier, pp. 127-146.
- Weinstein, A. E., 2006. The Congestion Evil: Perceptions of Traffic Congestion in Boston in the 1890s and 1920s. *Journal of Transport History*, 27(2), pp. 95-115.
- Weisbrod, G., Vary, D. & Treyz, G., 2001. *Economic implications of congestion*, Washington, D.C., USA: NCHRP Report.
- Wenglenski, S., 2006. Regards sur la mobilité au travail des classes populaires. Une exploration du cas parisien. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Volume 49, pp. 103-127.
- Wenneman, A., Habib, K. M. N. & Roorda, M. J., 2015. *A Disaggregate Analysis of the Relationships between Commercial Vehicle Parking Citations, Parking Supply, and Parking Demand*. Tenerife, Espagne, 9th International Conference on City Logistics.
- Wiel, M., 1999. *La Transition urbaine: ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*. Bruxelles: Mardaga.
- Wisetjindawat, W. & Sano, K., 2003. A Behavioral Modeling in Micro-Simulation for Urban Freight Transport. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Volume 5, pp. 2193-2208.
- Woudsma, C., Jakubicek, P. & Dablanc, L., 2016. Logistics Sprawl in North America: Methodological Issues and a Case Study in Toronto. *Transportation Research Procedia: Tenth International Conference on City Logistics*, Volume 12, pp. 474-488.
- Ye, X. & Chen, J., 2013. Impact of Curbside Parking on Travel Time and Space Mean Speed of Nonmotorized Vehicles. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2394, pp. 1-9.
- Yoshizakin, H. & Da Cunha, C. B., 2016. *The São Paulo Off-Hours Deliveries Pilot Project*. Goteborg, Suède, VREF Urban Freight Platform Conference.
- Yun, S., White, W., Lamb, D. R. & Wu, Y., 2010. Accounting for the impact of heavy truck traffic in volume-delay function in transportation planning models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1931, pp. 8-17.

ANNEXES

Annexe 1 : questionnaires de l'ETMV-IDF

1°) Questionnaire Etablissements : 1^{er} Rendez-vous.



ENQUÊTE MARCHANDISES EN VILLE





Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

Questionnaire "ETABLISSEMENT - 1^{er} rendez-vous"

<p>Code enquêteur : E</p> <p>Nom de l'établissement :</p> <p>Nom du répondant :</p> <p>Prénom du répondant :</p> <p>N° de tél. du répondant :</p> <p>Date de l'entretien : .. / .. / 20 ..</p> <p>Etes-vous encadré : <input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non</p> <p>Heure de début : .. h .. min.</p>	<p>PHASE : / IDENTIFIANT : / STRATE :</p> <p>RAISON SOCIALE :</p> <p>ADRESSE :</p> <p>INSEE : / NAT : / APE : / EFPE :</p> <p>ACTIVITE :</p> <p>EFFECTIF SALARIE :</p> <p>NATURE :</p> <p>TELEPHONE :</p> <p>NOM CONTACT :</p>
--	--

Heure de fin : .. h .. min.

Codes APE / Nature différents de ceux de l'étiquette : oui non

Effectif salarié :

Total des R : Total des E :

Total du tableau A + B :

Nombre total de fiches opération laissées :

Date du prochain rendez-vous : .. / .. / 20 ..

Nouveau code APE : (cf. 1a à 1c)

Nouveau code Nature : (cf. 2a à 2c)

Effectif non salarié : (cf. 3a)

Total des R&E :

Nombre de carnets de bord laissés :

En cas de besoin, vous pouvez contacter Matthieu JACQUART du cabinet MVA Consultancy au 01.53.17.36.09 [mvaconsultancy](http://mvaconsultancy.com)

1/6

Début du 1^{er} rendez-vous

L'objectif de l'enquête actuellement réalisée en Ile-de-France est de décrire les mouvements des véhicules de livraison au niveau régional mais aussi, de comprendre comment ces mouvements sont reliés à la structure des activités économiques. La diversité des établissements générateurs de trafic en ville rend difficile la mesure de ces flux et la nature de l'encombrement de la voirie par ces véhicules. C'est pourquoi nous nous sommes attachés à décrire un échantillon représentatif des établissements économiques franciliens. Le but du présent questionnaire et de son complément (administré ultérieurement) est donc de connaître les caractéristiques des établissements industriels ou commerciaux sélectionnés, notamment le vôtre.

Activité Principale de l'Etablissement

1a Votre établissement a été sélectionné sur la base du fichier SIRENE de l'INSEE. Nous voudrions contrôler avec vous l'activité principale de votre établissement et son code APE, selon la Nomenclature des Activités Françaises de l'INSEE.

L'activité principale exercée par votre établissement correspond-elle à votre code APE ? (ce code figure sur la vignette de la page 1 du questionnaire)

Oui Non

1b Quelle est l'activité réellement exercée par l'établissement ?

.....

1c Code APE correspondant à cette activité :

.....

1d Proposez-vous les prestations suivantes aux particuliers ?

Oui Non

- | | |
|--|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> livraisons à domicile à la suite d'une commande Internet | Depuis quelle année ? |
| <input type="checkbox"/> livraisons à domicile en sortie de caisse | Depuis quelle année ? |
| <input type="checkbox"/> livraisons en point relais à la suite d'une commande Internet | Depuis quelle année ? |
| <input type="checkbox"/> retrait après achat par internet | Depuis quelle année ? |

Nature de l'établissement

2a La nature du local de votre établissement correspond-elle au code figurant sur la vignette de la page 1 du questionnaire ?

Oui Non

2b Quel est ou quels sont le(s) nouveau(x) code(s) "Nature" ?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> ** - Sans objet | <input type="checkbox"/> 02 - Mine, carrière |
| <input type="checkbox"/> 04 - Dépôt, entrepôt | <input type="checkbox"/> 05 - Magasin |
| <input type="checkbox"/> 07 - Bureau, cabinet | <input type="checkbox"/> 06 - Usine |
| <input type="checkbox"/> 09 - Atelier | <input type="checkbox"/> 91 - Sur chantier |
| <input type="checkbox"/> 92 - Activité sur marché | <input type="checkbox"/> 93 - Activité en clientèle |
| <input type="checkbox"/> 99 - Autre | <input type="checkbox"/> NR - Non renseigné |

- 2c**
- 1 - Moins de 300 m²
 - 2 - De 300 m² à moins de 400 m²
 - 3 - De 400 m² à moins de 2 500 m²
 - 4 - De 2 500 m² à plus

2/6

2°) Questionnaire Etablissements : Carnet de Bord



Ministère de l'Énergie
du Développement
durable
des Transports
et du Logement

ENQUÊTE MARCHANDISES EN VILLE



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

"Carnet de bord" n°

Code enquêteur : E
 Nom de l'établissement :
 Nom du répondant :
 Prénom du répondant :
 N° de tél. du répondant :
 Ce questionnaire vous a été remis le : / / 20
 Il sera récupéré le : / / 20 à h min.

collez la vignette "établissement" ici... collez la vignette "établissement" ici
 PHASE : / IDENTIFIANT : / STRATE :
 RAISON SOCIALE :
 ADRESSE :
 INSEE : / NAT : / APE : / EFPE :
 ACTIVITE :
 EFFECTIF SALARIE :
 NATURE :
 TELEPHONE :
 NOM CONTACT :
 collez la vignette "établissement" ici... collez la vignette "établissement" ici

Réceptif du CB
 Nombre total de fiches opération remplies (de types R, E, et R&E) :
 dont nombre de fiches opération correspondant à R (réceptions) :
 dont nombre de fiches opération correspondant à E (expéditions) :
 dont nombre de fiches opération correspondant à R&E (conjointes) :
 Nombre total de fiches opération rare :

En cas de besoin, vous pouvez contacter notre enquêteur : Nom : Tél. :

Ou le cas échéant, soit Matthieu JACQUART du cabinet MVA Consultancy au 01.53.17.36.09
 soit Marion BOUQUET du cabinet MVA Consultancy au 01.70.08.79.24

mvaconsultancy



Laboratoire

1/9

Fiche opération EXEMPLE

A - Nature du transporteur 1 - votre Etablissement 2 - un autre établissement de votre entreprise 3 - un établissement extérieur (fournisseur, client) 4 - une entreprise de transport	C - Silhouette 1 - n'a pas lieu d'être 2 - savoyarde 3 - tailliner 4 - fourgon 5 - plateau 6 - citerne 7 - frigo 8 - benne	D - Lieu de dépôt et/ou d'enlèvement à l'intérieur : 1 - surface de vente ou de production 2 - lieu de stockage spécifique (hall, couloir) 3 - lieu de stockage transitoire 4 - au rez-de-chaussée 5 - en étage ou en cave 6 - autre, précisez s.v.p. à l'extérieur : 7 - sur le trottoir 8 - en double file 9 - sur un parking privé ou réservé 10 - dans la cour 11 - sur un quai 12 - autre, précisez s.v.p.	E - Stationnement 1 - dans l'enceinte de l'établissement sur voirie : 2 - stationnement gratuit 3 - stationnement payant 4 - stationnement interdit par panneau ou marquage 5 - emplacement réservé aux livraisons 6 - sur le trottoir 7 - sur couloir et arrêt de bus ou bande cyclable 8 - en double-file 9 - autre, précisez s.v.p.	F - Manutention 1 - aucun 2 - diable, chariot 3 - roll 4 - chariot élévateur 5 - transpalette 6 - hayon 7 - grue 8 - autre, précisez s.v.p.	G - Opérations effectuées 1 - contrôle des colis 2 - contrôle de la marchandise 3 - reprise d'emballages vides 4 - encaissement ou paiement 5 - installation ou montage de la marchandise 6 - preuve de livraison électronique 7 - autre, précisez s.v.p.
H - Mode de commande 1 - internet 2 - fax 3 - téléphone 4 - courrier 5 - passage en magasin					

Date et Heure	R = réception E = expédition R&E = les deux	Qui a transporté la marchandise (vous-même, un fournisseur, le destinataire, un transporteur...) Veuillez écrire en majuscule s.v.p. + adresse ; code postal et ville	Fréquence / jour, semaine, mois, an	A - Nature du transporteur	B - Type de véhicule	C - Silhouette	D - Lieu de dépôt et/ou d'enlèvement	E - Stationnement	F - Moyens de manutention	Durée de l'opération	G - Opérations effectuées(s)	H - Mode de commande	SI EXPÉDITION PAR INTERNET		
													P = picking EN = venant d'un entrepôt en amont	Délais de livraison	Créneau de livraison proposé au client
/ / jour / mois			/												
h										min.					

Marchandises						J - Nature du produit		K - Conditionnement		L - Fonction du lieu												
R = reçue E = expédiée	J - Nature du produit	K - Conditionnement	Nombre d'unités	Poids total	Volume total	Si R, origine de la marchandise ou si E, destination de la marchandise (code postal + commune ou pays)	Si R, dernier lieu de chargement ou si E, prochain lieu de déchargement (code postal + commune ou pays)	1 - animaux vivants	2 - produits congelés	3 - produits frais (égumes, fruits, viandes, poissons, charcuteries, produits)	4 - produits alimentaires semi-périsables (céréales, sucre, boissons, café)	5 - produits agricoles non alimentaires (matières textiles, déchets, bois)	6 - minéraux	7 - produits pétroliers	8 - produits chimiques non dangereux	9 - produits chimiques dangereux	10 - pâte à papier et cellulose	11 - produits manufacturés non fragiles	12 - produits manufacturés fragiles (verre...)	13 - emballages, déchets	14 - consignés (bouteilles, bonbonnes...)	15 - autre, précisez s.v.p.
Marchandise n°1				kg	m³																	
Marchandise n°2				kg	m³																	
Marchandise n°3				kg	m³																	
Marchandise n°4				kg	m³																	
Marchandise n°5				kg	m³																	

7/9 (les pages de consignes ne sont pas incluses)

3°) Questionnaire Etablissements : 2^{ème} rendez-vous



ENQUÊTE MARCHANDISES EN VILLE



ADEME



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

Questionnaire "ETABLISSEMENT - 2nd rendez-vous"

Code enquêteur : E

Nom de l'établissement :

Nom du répondant :

Prénom du répondant :

N° de tél. du répondant :

Date de l'entretien : / / 20.....

Etes-vous encadré : oui non

Heure de début : h min.

coller la vignette "établissement" ici coller la vignette "établissement" ici

PHASE : / IDENTIFIANT : / STRATE :

RAISON SOCIALE :

ADRESSE :

INSEE : / NAT : / APE : / EFPE :

ACTIVITE :

EFFECTIF SALARIE :

NATURE :

TELEPHONE :

NOM CONTACT :

coller la vignette "établissement" ici coller la vignette "établissement" ici

Heure de fin : h min.

L'établissement a-t-il déclaré des opérations rares : oui non

(cf. 18e)



Laboratoire d'Economie des Transports

En cas de besoin, vous pouvez contacter Matthieu JACQUART du cabinet MVA Consultancy au 01.53.17.36.09 ou Marion BOUQUET du cabinet MVA Consultancy au 01.70.08.79.24 Et, le cas échéant, Marc SEROUGE du Laboratoire d'Economie des Transports au 07.70.56.67.16

mvaconsultancy

1/11

Début du 2nd rendez-vous

Lors de notre précédent entretien, vous nous avez dit que vous exercez cette activité :
Ce dernier questionnaire a pour objectif de vérifier et de compléter les informations recueillies dans le carnet de bord et lors de notre première visite.

Activités secondaires éventuellement exercées par l'établissement

7a Votre établissement exerce-t-il d'autres activités ?

Les autres activités que peut exercer l'établissement en annexe de son activité principale représentent une part plus faible de son chiffre d'affaires, par exemple : commerce de détail de la viande, 15%. Inscrivez les codes APE de ces autres activités. Si vous ne les connaissez pas, les décrire en clair. Aidez-vous du fascicule NAF pour les préciser.

Oui Non

7b Activité 1 :
Code APE : Part dans le chiffre d'affaires : %

7c Activité 2 :
Code APE : Part dans le chiffre d'affaires : %

7d Activité 3 :
Code APE : Part dans le chiffre d'affaires : %

7e Votre établissement sert-il de dépôt pour un tiers ?

Oui Non

7f Le service est-il gratuit ? Oui Non

7g Quelle est sa part dans le chiffre d'affaires ? %

7h Servez-vous de point relais (par exemple pour les 3 Suisses ou La Redoute) ?

Oui Non

7i Si oui, quelle est sa part dans le chiffre d'affaires ? %

2/11

385

Affiliation de l'établissement

L'établissement appartient à un groupe s'il est lié financièrement à une ou plusieurs entreprises. Il est alors, soit la société mère, soit une filiale. L'établissement appartient à une entreprise multi-établissements s'il entretient des liens économiques avec les autres établissements de l'entreprise. Il est dans ce cas, soit le siège social, soit un des établissements de l'entreprise. Si l'établissement n'appartient ni à un groupe, ni à une société multi-établissements, il est indépendant.

8a Votre établissement appartient-il à un groupe ?

Oui Non

8b Est-ce la société mère ?

Oui Non

8c Appartient-il à une entreprise multi-établissements ?

Oui Non

8d Est-ce le siège social ?

Oui Non

8e Votre établissement est-il ?

- Un établissement indépendant
- Un établissement franchisé
- Une succursale
- Une agence commerciale
- Une concession
- Un sous-traitant régulier d'une ou plusieurs entreprises
- Autre, précisez s.v.p. :

Chiffre d'affaires

9a Pouvez-vous nous préciser quel a été le chiffre d'affaires H.T. de votre établissement l'année dernière ? Pouvez-vous indiquer dans quelle tranche il se situait ?

..... €

9b

- De 0 à moins de 100 000 €
- De 100 000 à moins de 300 000 €
- De 300 000 à moins de 750 000 €
- De 750 000 à moins de 1 500 000 €
- De 1 500 000 à moins de 7 500 000 €
- De 7 500 000 à moins de 15 000 000 €
- De 15 000 000 à moins de 30 000 000 €
- De 30 000 000 à moins de 75 000 000 €
- De 75 000 000 à moins de 150 000 000 €
- Plus de 150 000 000 €
- Refusé de répondre

3/11

Echanges de l'établissement avec ses partenaires

10a En matière d'approvisionnement, quels sont vos partenaires ?

	Nombre de partenaires	Part des réceptions	Part du budget "achat" avec ce(s) partenaire(s)	Ce(s) partenaire(s) appartient(ennent)-il(s) à votre entreprise ou au groupe
<input type="checkbox"/> Une (des) centrale(s) d'achat ou de vente % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
<input type="checkbox"/> Un (des) grossiste(s) % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
<input type="checkbox"/> Un (des) fournisseur(s) % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
<input type="checkbox"/> Un (des) client(s) indépendant(s) hors particuliers % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
<input type="checkbox"/> Autre, précisez s.v.p. : % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non

10b En matière d'expédition, quels sont vos partenaires ?

	Nombre de partenaires	Part des expéditions	Part du chiffre d'affaires avec ce(s) partenaire(s)	Ce(s) partenaire(s) appartient(ennent)-il(s) à votre entreprise ou au groupe
<input type="checkbox"/> Une (des) centrale(s) d'achat ou de vente % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
<input type="checkbox"/> Un (des) grossiste(s) % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
<input type="checkbox"/> Un (des) fournisseur(s) % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
<input type="checkbox"/> Un (des) client(s) indépendant(s) hors particuliers % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
<input type="checkbox"/> Autre, précisez s.v.p. : % %	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non

4/11

Surface

11a Surface au sol bâtie : m²

11b Surface au sol non bâtie : m²

11c Ce qui fait une surface totale au sol de : m²

11d Surface de plancher totale (SHON = Surface Hors Oeuvre Nette) : m²

11e Surfaces dédiées aux activités suivantes :

- Vente : m²
- Production : m²
- Stockage à l'intérieur des locaux : m²
- Accueil des véhicules : m²

Stockage pendant la semaine d'enquête

12a Cette semaine, où sont stockés vos marchandises ?

- Dans une surface de vente ou de production (y compris vos bureaux)
- En plein air
- Dans un lieu dédié au stockage
- Sur quais
- Dans un autre lieu de stockage (couloirs, ...) précisez s.v.p. :
- Dans un lieu distant de cet établissement

12b

Sa surface : m²
 Son volume : m³
 Part de cette surface utilisée : %
 Quelles sont les éventuelles autres fonctions de ce lieu (préparation des commandes, stockage longue durée, groupage/dégroupage, assemblage...) :

12c

- Chez un fournisseur
 - Chez un transporteur
 - Chez un prestataire spécialisé
 - Chez vous (domicile, pour les artisans)
 - Autres, précisez s.v.p. :
- A quelle distance de votre établissement est situé ce lieu ? km m

5/11

Organisation logistique de l'établissement

L'établissement travaille en flux tendus s'il exige la disponibilité de ses marchandises en temps voulu et dans des délais très courts.
L'établissement travaille en juste-à-temps s'il exige la disponibilité de ses marchandises en temps voulu, mais selon des délais plus longs.
Si l'établissement ne connaît pas ces notions, c'est qu'il ne fonctionne pas selon ces modes de gestion des stocks.

13a Travaillez-vous en flux tendus ?
 Oui Non

13b Travaillez-vous en juste-à-temps ?
 Oui Non

Périodes de réceptions et d'expéditions

Vous pouvez cocher plusieurs cases. S'il n'y a pas de jours particuliers, notez l'ensemble des jours possibles.

14a Quels sont les jours habituels des réceptions des marchandises (y compris les produits pour votre propre fonctionnement : bureautique, entretien...)?
 Lundi Mardi Mercredi Jeudi Vendredi Samedi Dimanche

14b Et ceux des expéditions des marchandises (y compris les livraisons à domicile, retours et déchets) ?
 Lundi Mardi Mercredi Jeudi Vendredi Samedi Dimanche

14c Quelles sont les plages horaires des réceptions de marchandises ? De h à h et de h à h
 On considère comme réception toute entrée de marchandises dans l'enceinte de l'établissement, y compris les réceptions de marchandises dont le transport est assuré par l'établissement et les livraisons express et distributions de colis. N'est pas prise en compte le passage du facteur. Les horaires des réceptions peuvent être les horaires d'ouverture ou d'autres plages horaires.

14d Quelles sont les plages horaires des expéditions de marchandises ? De h à h et de h à h
 On considère comme expédition, toute sortie de marchandises hors de l'enceinte de l'établissement, y compris les expéditions de marchandises dont le transport est assuré par l'établissement et les livraisons express et distributions de colis. N'est pas prise en compte le passage du facteur. Les horaires des expéditions peuvent être les horaires d'ouverture ou d'autres plages horaires.

6/11

Possibilité de stationnement des véhicules de livraison / enlèvement

Cette question concerne tous les véhicules de livraison et d'enlèvement, que ces véhicules appartiennent ou non à l'établissement.

15a Où les véhicules qui livrent et ramassent votre établissement stationnent-ils ?

- Dans l'enceinte de l'établissement
- Sur voirie, en stationnement gratuit
- Sur voirie, en stationnement payant
- Sur voirie, en stationnement interdit par panneau ou marquage
- Sur un emplacement réservé aux véhicules de livraison (sur voirie)
- Sur le trottoir
- Sur voirie, en stationnement sur couloir et arrêt de bus ou bande cyclable
- Sur voirie, en stationnement double-file
- Autre, précisez s.v.p. :

15b A quelle distance se trouve l'aire de livraison la plus proche de votre établissement : mètres

15c Sur cet emplacement y a-t-il une réglementation de la durée de stationnement ?
 Oui Non

Aménagements éventuels destinés au chargement / déchargement des marchandises

Notez les aménagements fixes, propres à l'établissement, permettant de faciliter le chargement ou le déchargement des marchandises. Attention, le matériel de manutention (diable, transpalette...) considéré comme mobile ne fait pas partie de ces aménagements.

16 Votre établissement dispose-t-il :

- De sas
- De portes élargies
- D'ascenseur ou de monte charge
- D'accès de plan pied
- De quais
- Autre, précisez s.v.p. :

7/11

Autres modes de transport utilisés au départ de ou à l'arrivée dans l'établissement

17a Vous arrive-t-il d'utiliser les routes ou triporteurs ?
 Oui Non

17b Pour vos réceptions de marchandises, si oui, veuillez préciser :
 le nombre de courses annuelles :
 le tonnage annuel : tonnes

17c Pour vos expéditions de marchandises, si oui, veuillez préciser :
 le nombre de courses annuelles :
 le tonnage annuel : tonnes

17d Votre établissement est-il équipé d'un embranchement ferroviaire ?
 Oui Non

17e Pour vos réceptions de marchandises, vous arrive-t-il d'utiliser le fer. Si oui, veuillez préciser :
 le nombre d'opérations annuelles :
 correspondant à : EVP

17f Pour vos expéditions de marchandises, vous arrive-t-il d'utiliser le fer. Si oui, veuillez préciser :
 le nombre d'opérations annuelles :
 correspondant à : EVP

17g Votre établissement est-il équipé d'un quai fluvial ou maritime ?
 Oui Non

17h Pour vos réceptions de marchandises, vous arrive-t-il d'utiliser la voie d'eau. Si oui, veuillez préciser :
 le nombre d'opérations annuelles :
 correspondant à : EVP

17i Pour vos expéditions de marchandises, vous arrive-t-il d'utiliser la voie d'eau. Si oui, veuillez préciser :
 le nombre d'opérations annuelles :
 correspondant à : EVP

8/11

Fluctuations annuelles dans l'activité de l'établissement

Evaluez la part que représentent les réceptions (expéditions) des autres mois par rapport au mois en cours.
 Inscrivez 100 pour le mois en cours et évaluez les autres mois par rapport à ce dernier.
 Par exemple, l'enquête à lieu en octobre, inscrivez 100 en octobre. Si l'établissement estime que l'activité du mois de septembre représente 80 % de celle du mois d'octobre, notez 80 en septembre. Si l'établissement estime qu'en décembre son activité sera de 20 % au mois d'octobre, notez 120 en décembre.
 Si aucun mouvement n'a lieu durant le mois en cours, choisir un autre mois de référence et inscrire 100 sur ce mois-ci.

18a Observez-vous des fluctuations dans les réceptions de marchandises ?

- Oui Non

18b Évaluez l'importance de chaque mois, en partant d'une base 100 pour le mois en cours.

Janvier						Juillet					
Février						Août					
Mars						Septembre					
Avril						Octobre					
Mai						Novembre					
Juin						Décembre					

18c Observez-vous des fluctuations dans les expéditions de marchandises ?

- Oui Non

18d Évaluez l'importance de chaque mois, en partant d'une base 100 pour le mois en cours.

Janvier						Juillet					
Février						Août					
Mars						Septembre					
Avril						Octobre					
Mai						Novembre					
Juin						Décembre					

18e Expédiez-vous ou recevez-vous de manière très occasionnelle des marchandises notamment pour votre fonctionnement (combustible, papier, emballages matières premières...)?

- Oui Non

Complétez le "carnet de bord" en remplissant autant de "fiches opération rare" que nécessaire !

9/11

Environnement de l'établissement (à remplir en dehors de l'entretien par l'enquêteur)

19a Où est localisé l'établissement ?

- Hors d'une Z.I. ou d'un centre commercial Dans une Z.I. Dans un centre commercial

19b Quelles sont les caractéristiques de la voirie de stationnement ou d'accès au lieu de réception et d'expédition des marchandises ?

- Une voie piétonne
 Une rue à sens unique
 Une rue à double sens

19c

- 1 voie par sens
 2 voies par sens

19d

- 1 voie par sens
 2 voies par sens
 1 voie dans un sens, 2 dans l'autre
 1 voie dans un sens, 3 dans l'autre
 plus de 4 voies

19e Cette voirie possède-t-elle un (ou plusieurs) couloir(s) réservé(s) aux transports en commun ?

- Oui Non

19f Combien ?

10/11

Fin du 2nd rendez-vous

Commentaires et observations de l'enquête :

.....

Commentaires et observations de l'enquêteur :

.....

Heure de fin de l'enquête : h min.

A l'issue du 2nd rendez-vous, vous devez avoir :

- récupérer le (ou les) carnet(s) de bord.
- vérifier que le (ou les) carnet(s) de bord contiennent le même nombre de feuilles que lors de sa (ou leur) remise.
- fait le point sur les fiches opération remplies du ou des carnet(s) de bord
- administré le questionnaire "ETABLISSEMENT - 2nd rendez-vous".
- vérifié que le questionnaire "ETABLISSEMENT - 2nd rendez-vous" est complet et cohérent (toutes les rubriques sont remplies et les réponses sont cohérentes par rapport aux instructions données).
- répondu aux questions concernant l'environnement de l'établissement.
- rempli les cadres récapitulatifs des pages 1 du ou des carnet(s) de bord et du présent questionnaire.

11/11

4°) Questionnaire Chauffeurs-Livreurs : Version Auto-Administrée / Hors Etab / Fin de Tournée

1 Ce questionnaire vous a été remis le : (jour), (mois), 20 (année), à h. min.

2a Nom de la société qui vous emploie (si vous effectuez cette livraison/enlèvement pour une entreprise de transport, cochez la case) :

2b Adresse de la société : Code Postal : Ville :

2c Effectuez-vous (pour vous ou votre employeur) l'opération lors de laquelle on vous a remis ce questionnaire en sous-traitance d'un autre transporteur ? Oui Non Ne sais pas

3 Quel véhicule avez-vous utilisé pour effectuer ce transport ?

1 - deux roues non motorisé ou triporteur 2 - deux roues motorisé 3 - voiture 4 - fourgonnette (<2.5 t) 5 - camionnette (>2.5 t et <3.5 t) 6 - camion porteur (>3.5 t) 7 - ensemble routier articulé

1 - diesel 2 - essence 3 - électrique 4 - GNV, GPL 5 - hybride

Précisez son PTAC : tonne(s) sa Charge Utile : tonne(s) Son âge : an(s)

2 - savoyarde 3 - tautliner 4 - fourgon 5 - plateau 6 - citerne 7 - frigo 8 - benne

4 Avez-vous laissé tourner le moteur de votre véhicule pendant l'arrêt ? Oui Non

5 Où avez-vous arrêté votre véhicule pour livrer et/ou enlever cet établissement ?

1 - Dans l'enceinte de l'établissement Dans la rue (précisez s.v.p.) 2 - stationnement gratuit 3 - stationnement payant (avez-vous payé ?) Oui Non 4 - stationnement interdit par panneau ou marquage 5 - emplacement réservé aux livraisons 6 - sur le trottoir 7 - sur couloir et arrêt de bus ou sur bande cyclable

6 Avez-vous livré cet établissement ? Oui Non

Combien de lieux de chargement différents pour cette livraison ?

Lieux de chargement : Pays ou n° du ou des département(s) : Commune(s) :

Nature du ou des lieu(x) de chargement :

1 - transporteur 2 - plate-forme logistique 3 - plate-forme distribution 4 - unité de production 5 - entrepôt, grossiste 6 - grand magasin 7 - commerce de détail 8 - bureau 9 - artisan 10 - particulier 11 - chantier 12 - autre (précisez s.v.p.)

7 Avez-vous enlevé de la marchandise dans cet établissement ? Oui Non

Combien de lieux de déchargement différents pour cette livraison ?

Lieux de déchargement : Pays ou n° du ou des département(s) : Commune(s) :

Nature du ou des lieu(x) de déchargement :

1 - transporteur 2 - plate-forme logistique 3 - plate-forme distribution 4 - unité de production 5 - entrepôt, grossiste 6 - grand magasin 7 - commerce de détail 8 - bureau 9 - artisan 10 - particulier 11 - chantier 12 - autre (précisez s.v.p.)

Jour de déchargement : / / 20 Heure du 1^{er} déchargement : h. min. Heure du dernier déchargement : h. min.

8 Quel a, ou quels ont été le ou les moyen(s) de manutention utilisé(s) ?

1 - aucun 2 - diable, chariot 3 - roll 4 - chariot élévateur 5 - transpalette 6 - hayon 7 - grue 8 - autre, précisez s.v.p.

1/2

9a Date et heure du départ de votre véhicule pour le parcours comportant l'établissement qui vous a remis ce questionnaire : Jour : / / 20 Heure : h. min.

9b Lieu du départ de votre véhicule : Pays ou n° du département : Commune : Arrondissement :

9c Point de départ de votre véhicule (domicile, transporteur, plate-forme, votre établissement, etc.) :

10a Le véhicule a-t-il été chargé à cette adresse ? Oui Non Précisez la distance entre le point de départ et le lieu de chargement : km

10b Nature du lieu de chargement (domicile, transporteur, plate-forme, votre établissement, etc.) :

11a Durant cette tournée, combien d'établissements ont été livrés : ; ramassés : ; livrés et ramassés simultanément :

11b Nombre approximatif de kilomètres parcourus dans l'agglomération : km

11c Durée totale des arrêts pour livraisons et/ou enlèvements : h. min.

11d Poids total des marchandises transportées durant cette tournée : tonnes

12a Date et heure de fin de la tournée qui a touché l'établissement où vous a été remis ce questionnaire : Jour : / / 20 Heure : h. min.

12b Lieu d'arrivée de votre véhicule : Pays ou n° du département : Commune : Arrondissement :

12c Point d'arrivée de votre véhicule (domicile, transporteur, plate-forme, votre établissement, etc.) :

12d S'agit-il d'un relais livraison ? Oui Non S'agit-il d'un particulier ? Oui Non

13a Combien de fois par semaine ou par mois faites-vous cet itinéraire pour livrer et/ou ramasser cet établissement ? fois par

13b En général, combien de tournées effectuez vous par jour ?

N'OUBLIEZ PAS DE TRACER SUR LES 2 CARTES FIGURANT AU VERSO L'ITINERAIRE QUE VOUS AVEZ EMPRUNTE POUR CETTE TOURNEE !!!

14 Afin d'améliorer ce questionnaire, il vous est possible d'apporter vos commentaires et observations :

2/2

5°) Questionnaire Chauffeurs-Livreurs : Version Embarquée



Questionnaire embarqué n°

ID Etab. :
Code enquêteur : E

ATTENTION, n'oubliez pas d'allumer votre boîtier GPS !!!

Heure de début de l'enquête : h. min.

Nom de l'entreprise :

Adresse de l'entreprise :

Adresse de départ de la tournée :

Nature du lieu (cf. tableau L) :

L - Nature de l'établissement					
1 - transporteur	3 - plate-forme distribution	5 - entrepôt grossiste	7 - commerce de détail	9 - artisan	11 - chantier
2 - plate-forme logistique	4 - usine	6 - grand magasin	8 - bureau	10 - particulier	12 - autre, précisez s.v.p.

Distance entre le lieu de départ et l'établissement : km m

Type de véhicule (cf. tableau B) :

B - Type de véhicule
1 - deux roues sans moteur et bicyc
2 - deux roues motorisés
3 - voiture
4 - fourgonnette (2.5 t)
5 - camionnette (2.5 t et 3.5 t)
6 - camion porteur (>3.5 t)
7 - ensemble routier articulé

Silhouette (cf. tableau C) :

C - Silhouette
1 - n° à pas, feu d'été
2 - savoyarde
3 - laudliner
4 - bourgon
5 - plateau
6 - étame
7 - épi
8 - herse

PTAC : t

PC : t

Âge : an(s)

Equipement(s) de manutention embarqué(s) :

- 1 - aucun 3 - roll 5 - transpalette 7 - grue
 2 - diable, chariot 4 - chariot élévateur 6 - hayon 8 - autre, précisez s.v.p.

Nombre d'établissements à livrer :

Nombre approximatif de kilomètres parcourus : km

Si l'enquêteur descend avant la fin de la tournée, dernier numéro d'arrêt enquêté :

Nombre de tournées effectuées par le chauffeur par jour ?

A l'issue de ce questionnaire, vous devez avoir :

- administré le questionnaire.
- placé chaque arrêt de la tournée effectuée (et les avoir numérotés).
- numéroté et identifié (n° identificateur) chaque page supplémentaire du questionnaire.
- rempli le cadre ci-contre.
- éteint votre boîtier GPS.
- agrafé les pages supplémentaires au présent feuillet.

Date de fin de l'enquête : (jour) (mois) 20.....

Heure de fin d'enquête : h. min.

Nombre de pages remplies :

Commentaires et observations de l'enquêteur :

1/2

Questionnaire embarqué

Ce questionnaire est la propriété du Laboratoire d'Economie des Transports. Il est mis à la disposition des financeurs et du bureau d'études chargé de l'enquête.

Page 02/04

L - Nature de l'établissement	D - Lieu de dépôt et/ou d'enlèvement	E - Stationnement	T - Type d'opération	F - Manutention	G - Opérations effectuées
1 - transporteur 2 - plate-forme logistique 3 - plate-forme distribution 4 - usine 5 - entrepôt grossiste 6 - grand magasin	1 - surface de vente ou de production 2 - entrepôt 3 - lieu de stockage spécifique (hall, couloir) 4 - au rez-de-chaussée 5 - en étage ou en cave 6 - autre, précisez s.v.p.	1 - dans l'enceinte de l'établissement 2 - sur voirie 3 - stationnement gratuit 4 - stationnement payant 5 - emplacement réservé aux livraisons 6 - sur le trottoir 7 - sur couloir et arrêt de bus ou bande cyclable 8 - en double file 9 - autre, précisez s.v.p.	L - livraison E - enlèvement LE - les deux	1 - aucun 2 - diable, chariot 3 - roll 4 - chariot élévateur	1 - contrôle des états 2 - contrôle de la marchandise 3 - reprise d'emballages vides 4 - encaissement ou paiement 5 - installation ou montage de la marchandise 6 - preuve de livraison électronique 7 - autre, précisez s.v.p.
J - Nature du produit	K - Conditionnement				
1 - animaux vivants 2 - produits congelés 3 - produits frais 4 - produits alimentaires semi-périssables 5 - produits agricoles non alimentaires 6 - minéraux 7 - produits pétroliers 8 - produits chimiques non dangereux 9 - produits chimiques dangereux 10 - pâte à papier et cellulosés 11 - produits manufacturés non fragiles 12 - produits manufacturés fragiles 13 - emballages, déchets 14 - consignés (bouteilles, bonbonnes...) 15 - autre, précisez s.v.p.	1 - enveloppes 2 - cartons 3 - caisses, boîtes 4 - palettes 5 - rouleaux 6 - fûts, bonbonnes 7 - contes 8 - vrac 9 - big bag 10 - caisses mobiles, conteneurs 11 - autre, précisez s.v.p.				

	Adresse	Heure d'arrivée	Km au compteur	L	D	E	T	J	K	Nombre d'unités	Poids (en Kg)	F	Heure de départ	G
				Nature de l'établissement	Lieu de dépôt et/ou d'enlèvement	Stationnement	Type d'opération	Nature du ou des produit(s)	Conditionnement			Moyen(s) de manutention		
Départ														
Arrêt n°01								Marchandise 1						
								Marchandise 2						
								Marchandise 3						
								Marchandise 4						
								Marchandise 5						
Arrêt n°02								Marchandise 1						
								Marchandise 2						
								Marchandise 3						
								Marchandise 4						
								Marchandise 5						
Arrêt n°03								Marchandise 1						
								Marchandise 2						
								Marchandise 3						
								Marchandise 4						
								Marchandise 5						
Arrêt n°04								Marchandise 1						
								Marchandise 2						
								Marchandise 3						
								Marchandise 4						
								Marchandise 5						
Arrêt n°05								Marchandise 1						
								Marchandise 2						
								Marchandise 3						
								Marchandise 4						
								Marchandise 5						

2/2

Annexe 2 : strates d'activités utilisées par le LAET (ST8, ST45, ST115)

1°) ST8

ST8	Libellé ST8	Echantillon
1	Agriculture	12
2	Services-artisanat	194
3	Industrie	228
4	Commerce de gros	123
5	Grande distribution	54
6	Petit commerce de détail	333
7	Tertiaire de bureaux	199
8	Transport & Logistique	45

2°) ST45

ST8	ST45	Libellé ST45	Echantillon
1	1	Agriculture	12
2	2-2	Artisans (réparations)	36
2	2-3	Artisans (fabrication ou installation)	17
2	2-4	Artisans (fabrication ou installation - petites réparations)	10
2	26Ha	Tertiaire autre (services flux élevés)	38
2	26Mi	Tertiaire autre (services flux mixtes)	56
2	26Mo	Tertiaire autre (services flux moyens)	37
3	3	Industrie chimique	10
3	4-2	Industrie de biens de production et intermédiaires (de base)	44
3	5-2	Industrie de biens de consommation (produits alimentaires fragiles)	4
3	5-4	Industrie de biens de consommation (produits non alimentaires, équipement de la maison et de l'individu)	26
3	5-5	Industrie de biens de consommation (produits alimentaires non fragiles, équipement spécifique)	21
3	4-6	Industrie de biens de production et intermédiaires (petits objets)	31
3	4-7	Industrie de biens de production et intermédiaires (objets volumineux)	27
3	34-2	Industrie de la construction (réparations)	15
3	34-3	Industrie de la construction (fabrication ou installation)	50
4	7-2	Commerce de gros de produits intermédiaires fragiles	26
4	8-2	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires	14
4	9-2	Commerce de gros de biens de consommation alimentaires fragiles	18
4	7-3	Commerce de gros d'autres produits intermédiaires	28
4	8-3	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires	17
4	9-3	Commerce de gros d'autres biens de consommation alimentaires	20
5	10	Hypers et grands magasins polyvalents	9
5	11	Supermarchés	15
5	12	Grands magasins spécialisés	30

6	13	Supérettes	15
6	14	Commerces de détail, habillement, chaussures, cuir	25
6	15	Boucheries	29
6	16	Epicerie, alimentation	33
6	17	Boulangeries - Pâtisseries	28
6	18	Cafés, hôtels, restaurants	45
6	19	Pharmacies	26
6	20	Quincailleries	16
6	21	Commerce d'ameublement	15
6	22	Librairie papeterie	21
6	23	Autres commerces de détail	67
6	29	Commerces non sédentaires	13
7	26Fa	Tertiaire autre	50
7	6	Transport (sans entreposage)	13
7	25	Tertiaire pur	82
7	27-2	Bureaux non tertiaires (agriculture, commerces de gros)	26
7	27-3	Bureaux non tertiaires (commerce de détail, industrie, transport, collectivités)	28
8	30	Carrières	7
8	28-2	Entrepôts (encombrants)	24
8	28-3	Entrepôts (dont transport)	14

2°) ST115

ST8-OK	ST45-OK	ST115-OK	Libst115-OK (ST45 nombre + d'employés)
1	1	1a	Agriculture 0 à 2
1	1	1b	Agriculture 3 et +
2	2-2	2-2b	Artisans (réparations) 1 ou 2
2	2-2	2-2a	Artisans (réparations) 0
2	2-2	2-2c	Artisans (réparations) 3 à 19
2	2-2	2-2d	Artisans (réparations) 20 et +
2	2-3	2-3a	Artisans (fabrication ou installation - petites réparations) 0
2	2-3	2-3b	Artisans (fabrication ou installation - petites réparations) 1 ou 2
2	2-4	2-4a	Artisans (petites réparations) 0
2	2-4	2-4b	Artisans (petites réparations) 1
2	26Ha	26Ha-a	Tertiaire autre (service flux élevés) 0
2	26Ha	26Ha-b	Tertiaire autre (service flux élevés) 1 et +
2	26Mi	26Mi-a	Tertiaire autre (service flux mixtes) 0
2	26Mi	26Mi-b	Tertiaire autre (service flux mixtes) 1 à 9
2	26Mi	26Mi-c	Tertiaire autre (service flux mixtes) 10 à 49
2	26Mi	26Mi-d	Tertiaire autre (service flux mixtes) 50 et +
2	26Mo	26Mo-a	Tertiaire autre (service flux moyens) 0 à 5
2	26Mo	26Mo-b	Tertiaire autre (service flux moyens) 6 et +
3	3	3a	Industrie chimique 0 à 5
3	3	3b	Industrie chimique 6 et +

3	4-2	4-2a	Industrie de biens de production et intermédiaires (de base) 0 à 5
3	4-2	4-2b	Industrie de biens de production et intermédiaires (de base) 6 et +
3	5-2	5-2a	Industrie de biens de consommation (produits alimentaires fragiles) 0 à 5
3	5-2	5-2b	Industrie de biens de consommation (produits alimentaires fragiles) 6 et +
3	5-4	5-4a	Industrie de biens de consommation (produits non alimentaires, équipement de la maison et de l'individu) 0 à 5
3	5-4	5-4b	Industrie de biens de consommation (produits non alimentaires, équipement de la maison et de l'individu) 6 et +
3	5-5	5-5a	Industrie de biens de consommation (produits alimentaires non fragiles, équipement spécifiques) 0 à 5
3	5-5	5-5b	Industrie de biens de consommation (produits alimentaires non fragiles, équipement spécifiques) 6 et +
3	4-6	4-6a	Industrie de biens de production et intermédiaires (petits objets) 0 à 5
3	4-6	4-6b	Industrie de biens de production et intermédiaires (petits objets) 6 et +
3	4-7	4-7a	Industrie de biens de production et intermédiaires (objets volumineux) 0 à 5
3	4-7	4-7b	Industrie de biens de production et intermédiaires (objets volumineux) 6 et +
3	34-2	34-2a	Industrie de la construction (réparations) 0 à 5
3	34-2	34-2b	Industrie de la construction (réparations) 6 et +
3	34-3	34-3a	Industrie de la construction (fabrication ou installation) 0 à 5
3	34-3	34-3b	Industrie de la construction (fabrication ou installation) 6 et +
4	7-2	7-2a	Commerce de gros de produits intermédiaires fragiles 0 à 2
4	7-2	7-2b	Commerce de gros de produits intermédiaires fragiles 3 à 9
4	7-2	7-2c	Commerce de gros de produits intermédiaires fragiles 10 et +
4	8-2	8-2a	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires 0 à 2
4	8-2	8-2b	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires 3 à 9
4	8-2	8-2c	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires 10 et +
4	9-2	9-2a	Commerce de gros de biens de consommation alimentaires fragiles 0 à 2
4	9-2	9-2b	Commerce de gros de biens de consommation alimentaires fragiles 3 à 9
4	9-2	9-2c	Commerce de gros de biens de consommation alimentaires fragiles 10 et +
4	7-3	7-3a	Commerce de gros d'autres produits intermédiaires 0 à 2
4	7-3	7-3b	Commerce de gros d'autres produits intermédiaires 3 à 9
4	7-3	7-3c	Commerce de gros d'autres produits intermédiaires 10 et +
4	8-3	8-3a	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires 0 à 2
4	8-3	8-3b	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires 3 à 9
4	8-3	8-3c	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires 10 et +
4	9-3	9-3a	Commerce de gros d'autres biens de consommation alimentaires 0 à 2
4	9-3	9-3b	Commerce de gros d'autres biens de consommation alimentaires 3 à 9
4	9-3	9-3c	Commerce de gros d'autres biens de consommation alimentaires 10 et +
5	10	10	Hypers et grands magasins polyvalents Tous
5	11	11	Supermarchés Tous
5	12	12a	Grands magasins spécialisés 10 à 99
5	12	12b	Grands magasins spécialisés 100 et +
6	13	13	Supérettes Tous
6	14	14a	Commerces de détail, habillement, chaussures, cuir 0
6	14	14b	Commerces de détail, habillement, chaussures, cuir 1 à 5
6	14	14c	Commerces de détail, habillement, chaussures, cuir 6 et +
6	15	15a	Boucheries 0
6	15	15b	Boucheries 1 à 5

6	15	15c	Boucheries 6 et +
6	16	16a	Épiceries, alimentation 0
6	16	16b	Épiceries, alimentation 1 à 5
6	16	16c	Épiceries, alimentation 6 et +
6	17	17a	Boulangeries, pâtisseries 0
6	17	17b	Boulangeries, pâtisseries 1 à 5
6	17	17c	Boulangeries, pâtisseries 6 et +
6	18	18a	Café, hôtels, restaurants 0
6	18	18b	Café, hôtels, restaurants 1 ou 2
6	18	18c	Café, hôtels, restaurants 3 à 9
6	18	18d	Café, hôtels, restaurants 10 à 49
6	18	18e	Café, hôtels, restaurants 50 et +
6	19	19a	Pharmacies 0 à 2
6	19	19b	Pharmacies 3 à 9
6	19	19c	Pharmacies 10 et +
6	20	20a	Quincailleries 1 à 9
6	20	20b	Quincailleries 10 et +
6	21	21a	Commerce d'ameublement 0 à 5
6	21	21b	Commerce d'ameublement 6 à 99
6	22	22a	Librairie, papeterie 0
6	22	22b	Librairie, papeterie 1 à 5
6	22	22c	Librairie, papeterie 6 et +
6	23	23a	Autres commerces de détail 0
6	23	23b	Autres commerces de détail 1 à 9
6	23	23c	Autres commerces de détail 10 à 99
6	29	29	Commerces non sédentaires Tous
7	6	6a	Transport (sans entreposage) 0 à 2
7	6	6b	Transport (sans entreposage) 3 à 9
7	6	6c	Transport (sans entreposage) 10 et +
7	25	25a	Tertiaire pur 0
7	25	25b	Tertiaire pur 1 à 2
7	25	25c	Tertiaire pur 3 à 5
7	25	25d	Tertiaire pur 6 à 9
7	25	25e	Tertiaire pur 10 à 49
7	25	25f	Tertiaire pur 50 à 499
7	25	25g	Tertiaire pur 500 et +
7	27-2	27-2a	Bureaux non tertiaires (agriculture, commerce de gros) 0 à 9
7	27-2	27-2b	Bureaux non tertiaires (agriculture, commerce de gros) 10 et +
7	27-3	27-3a	Bureaux non tertiaires (commerce de détail, industrie, transport, collectivités) 0 à 9
7	27-3	27-3b	Bureaux non tertiaires (commerce de détail, industrie, transport, collectivités) 10 et +
7	26Fa	26Fa-a	Tertiaire autre 0
7	26Fa	26Fa-b	Tertiaire autre 1 à 5
7	26Fa	26Fa-c	Tertiaire autre 6 à 49
7	26Fa	26Fa-d	Tertiaire autre 50 et +
8	30	30a	Carrières (activité faible) 0 à 5

8	30	30b	Carrières (forte activité) 6 et +
8	28-2	28-2a	Entrepôts (encombrants) 0 à 5
8	28-2	28-2b	Entrepôts (encombrants) 6 et +
8	28-3	28-3a	Entrepôts (dont transport) 0 à 5
8	28-3	28-3b	Entrepôts (dont transport) 6 et +

Annexe 3 : Traitements de la Base de Données TMV-IDF « Etablissements » présentés dans le chapitre 1

Figure 2.1.4

Feuille « Etablissements »

→ Tableau Croisé Dynamique :

Variable en ligne : « ST8-OK »

Variation en colonne :

- « NbMvt-Empl-Agglo-OK » (mouvements, somme)
- « Emp_Agglo » (emplois, somme)
- « COEF-REDR-ETAB » (établissements, somme)

Figure 2.1.5

Feuille « Etablissements »

→ Tableau Croisé Dynamique :

Variable en ligne : « ST8-OK »

Variation en colonne :

- « NbRec-Empl-Agglo-OK » (livraisons, somme)
- « NbExp-Empl-Agglo-OK » (enlèvements, somme)
- « Nbconj-Empl-Agglo-OK » (conjointes, somme)

Figure 2.1.6

Feuille « Opérations »

→ Tableau Croisé Dynamique :

Variable en ligne : « ST8-OK »

Variation en colonne : « MG-3pos »

Variable en valeur : « Nb-Ope-Agglo-MG-3pos »

Figure 2.1.7

Feuille « Opérations »

→ Tableau Croisé Dynamique :

Variable en ligne : « ST8-OK »

Variation en colonne : « Vehi4pos »

Variable en valeur : « Nb-Ope-Agglo-Vehi-5pos-ST45 »

Annexe 4 : Codes juridiques non prise en compte dans le fichier Altarès

Voir : <https://www.insee.fr/fr/information/2028129> pour la nomenclature des codes juridiques (consulté le 25/04/2017)

Code Juridique	Libellé	Conditions
1400	Officier public ou ministériel	-
1500	Profession libérale	-
1700	Agent commercial	-
1900	(Autre) Personne physique	-
2110	Indivision entre personnes physiques	-
2120	Indivision avec personne morale	-
9150	Association syndicale libre	Si pas de salariés
9210	Association non déclarée	Si pas de salariés
9220	Association déclarée	Si pas de salariés
9221	Association déclarée d'insertion par l'économique	Si pas de salariés
9222	Association intermédiaire	Si pas de salariés
9223	Groupement d'employeurs	Si pas de salariés
9224	Association d'avocats à responsabilité professionnelle individuelle	Si pas de salariés
9230	Association déclarée, reconnue d'utilité publique	Si pas de salariés
9240	Congrégation	Si pas de salariés
9260	Association de droit local (Bas-Rhin, Haut-Rhin et Moselle)	Si pas de salariés
9300	Fondation	Si pas de salariés
6521	Société civile de placement collectif immobilier (SCPI)	-
6532	Société civile d'intérêt collectif agricole (SICA)	-
6533	Groupement agricole d'exploitation en commun (GAEC)	-
6534	Groupement foncier agricole	-
6535	Groupement agricole foncier	-
6536	Groupement forestier	-
6537	Groupement pastoral	-
6538	Groupement foncier et rural	-
6539	Société civile foncière	-
6540	Société civile immobilière	-
6541	Société civile immobilière de construction-vente	-
6542	Société civile d'attribution	-
6543	Société civile coopérative de construction	-
6544	Société civile immobilière d'accession progressive à la propriété	-
6551	Société civile coopérative de consommation	-
6554	Société civile coopérative d'intérêt maritime	-
6558	Société civile coopérative entre médecins	-

Annexe 5 : Tableau 3.1.1 ST32

Tableau 3.1.1

ST32	Libellé	Nombre d'établissements	Effectifs	Effectif par établissements	Distance moyenne au centre (km)
1	Agriculture	9 176	12 743	1,39	37,16
2	Aménagement paysager	3 233	12 353	3,82	22,98
3	Services public	25 552	307 616	12,04	14,44
4	Activités hospitalières	13 133	160 348	12,21	18,58
5	Services aux entreprises	75 991	355 283	4,68	12,09
6	Services à la personne	49 026	124 360	2,54	14,56
7	Réparations et entretiens	44 945	226 142	5,03	16,11
8	Production et diffusion du contenu multimédia	42 041	239 296	5,69	10,16
9	Industrie alimentaire	6 040	58 173	9,63	18,34
10	Industrie lourde	5 033	89 265	17,74	21,52
11	Industrie légère	25 573	94 437	3,69	13,31
12	Industrie tech	4 297	154 215	35,89	22,36
13	Industrie de la construction	77 033	280 465	3,64	18,19
14	Grossiste matières premières - bien interm.	10 758	90 485	8,41	19,63
15	Grossiste alimentaire	4 365	38 406	8,80	14,86
16	Grossiste biens manuf	21 243	97 432	4,59	12,67
17	Grossiste tech	5 253	44 478	8,47	16,13
18	Hypermarchés	154	31 385	203,80	18,62
19	Supermarchés	3 833	43 845	11,44	14,39
20	Grands magasins spécialisés	1 804	34 893	19,34	18,01
21	Petits commerces alimentaires	45 036	86 378	1,92	14,87
22	Petits commerces autres spé	69 582	246 250	3,54	14,69
23	Restauration traditionnelle	23 401	114 628	4,90	10,02
24	Restauration autre	20 820	67 985	3,27	13,02
25	Hôtel	7 069	58 868	8,33	9,10
26	Bureaux non tertiaires	61 477	510 196	8,30	12,10
27	Activités administratives spécialisées	106 802	587 125	5,50	10,05
28	Finance et immobilier	82 840	443 130	5,35	9,73
29	Administration publique	27 500	1 015 684	36,93	14,53
30	Transport et cross-dock	2 229	34 664	15,55	22,03
31	Logistique et serv. Auxiliaires	1 713	43 656	25,49	20,42
32	Carrières	272	1 967	7,23	28,64
Total		877 224	5 706 151	6,50	13,49

Annexe 6 : Choix des fonctions de génération

TYPE D'ACTIVITE		RATIO CONSTANT LAET		FONCTION LIN				FONCTION LOG				FONCTION LOG NO CONS			
ST8	Libellé ST45	Formule y =	Fit données	Formule y =	R ²	Fit lin	Neg	Formule y =	R ²	Fit log	Neg	Formule y =	R ²	Fit log nc	Neg
1	Agriculture	0.86x	49,83%	0.097x + 1.696	0,035	-36,45%	NON	1.319ln(x) + 1.252	0,138	-21,12%	NON	2.369ln(x)	0,418	-19,52%	NON
2	Artisans (réparations)	2.60x	582,49%	-0.002x + 15.053	0	25,05%	NON	1.933ln(x) + 14.307	0,006	22,72%	NON	13.081ln(x)	0,596	82,87%	NON
2	Artisans (fabrication ou installation)	1.40x	-20,46%	3.132x - 2.200	0,447	0,84%	NON	5.079ln(x) + 0.885	0,438	2,21%	NON	6.175ln(x)	0,582	-11,42%	NON
2	Artisans (fabrication ou installation)	2.54x	0,97%	0.789x + 2.492	0,045	1,94%	NON	1.159 ln(x) + 3.331	0,023	1,25%	NON	4.042ln(x)	0,129	-75,03%	NON
2	Tertiaire autre (services flux élevés)	0.86x	167,79%	0.483x + 1.296	0,305	52,85%	NON	6.416 ln(x) + 0.195	0,144	-41,71%	NON	6.506ln(x)	0,18	-41,55%	NON
2	Tertiaire autre (services flux mixtes)	0.43x	132,70%	0.101x + 1.628	0,076	-35,61%	NON	3.452 ln(x) - 0.201	0,086	-57,93%	OUI	3.355ln(x)	0,117	-57,70%	NON
2	Tertiaire autre (services flux moyens)	0.71x	138,05%	0.140x + 5.059	0,05	-23,03%	NON	8.28 ln(x) - 5.878	0,085	-33,26%	OUI	5.325ln(x)	0,127	-34,17%	NON
3	Industrie chimique	1.81x	23,50%	1.536x + 3.077	0,277	23,41%	NON	10.665 ln(x) - 1.738	0,2	29,40%	OUI	9.899ln(x)	0,476	30,45%	NON
3	Industrie de biens de production	0.52x	145,63%	1.172x + 6.893	0,898	2,19%	NON	17.927 ln(x) - 4.699	0,243	-2,20%	OUI	16.457ln(x)	0,283	3,12%	NON
3	Industrie de biens de consommation alimentaires	0.86x	18,63%	0.022x + 15.077	0	-5,50%	NON	1.045 ln(x) + 13.342	0,009	-3,06%	NON	6.038ln(x)	0,538	-7,32%	NON
3	Industrie de biens de consommation non alimentaires	1.24x	23,70%	0.581x + 2.798	0,809	-5,69%	NON	5.456 ln(x) + 1.885	0,525	9,70%	NON	6.246ln(x)	0,674	-1,54%	NON
3	Industrie de biens de consommation autres	1.67x	-1,15%	1.800x - 0.719	0,538	2,58%	NON	25.77 ln(x) - 4.493	0,41	33,79%	OUI	24.193ln(x)	0,438	48,81%	NON
3	Industrie de biens intermédiaires (petits objets)	2.59x	-3,45%	3.545x - 7.390	0,897	16,09%	OUI	44.897 ln(x) - 25.335	0,249	10,46%	OUI	33.506ln(x)	0,247	23,65%	NON
3	Industrie de biens intermédiaires (objets volumineux)	0.99x	247,18%	0.176x + 8.750	0,347	-5,18%	NON	6.796 ln(x) + 2.634	0,293	-23,25%	NON	8.141ln(x)	0,574	-19,62%	NON
3	Industrie de la construction (réparations)	2.57x	168,02%	0.614x + 19.720	0,161	11,62%	NON	24.165 ln(x) - 20.426	0,24	-14,10%	OUI	14.491ln(x)	0,511	-18,62%	NON
3	Industrie de la construction (fabrication ou installation)	0.81x	40,44%	0.352x + 7.574	0,321	-5,90%	NON	20.941 ln(x) - 31.995	0,297	-10,56%	OUI	8.440ln(x)	0,296	-7,19%	NON
4	Grossiste produits intermédiaires fragiles	2.77x	14,71%	1.222x + 13.884	0,083	-12,39%	NON	15.086 ln(x) + 0.026	0,15	-2,42%	NON	15.099ln(x)	0,384	-2,01%	NON
4	Grossiste consommation non alimentaire	2.57x	-8,40%	1.617x + 3.191	0,317	-37,18%	NON	12.484 ln(x) + 1.519	0,208	-60,85%	NON	13.355ln(x)	0,295	-60,64%	NON
4	Grossiste consommation alimentaire fragile	7.62x	-3,46%	13.091x - 49.84	0,431	19,51%	OUI	93.747 ln(x) - 54.580	0,217	23,16%	OUI	72.700ln(x)	0,247	35,60%	NON
4	Grossiste autres produits intermédiaire	2.30x	-2,50%	1.578x + 4.145	0,13	-26,62%	NON	44.851 ln(x) - 51.39	0,206	5,42%	OUI	16.356ln(x)	0,148	-74,46%	NON
4	Grossiste consommation non alimentaire	2.52x	25,03%	2.604x - 1.752	0,846	26,08%	NON	29.577 ln(x) - 6.070	0,335	15,35%	OUI	27.261ln(x)	0,38	-73,54%	NON
4	Grossiste autre alimentaire	3.62x	107,98%	1.193x + 16.913	0,214	-1,94%	NON	19.31 ln(x) + 10.010	0,1611	0,92%	NON	23.426ln(x)	0,289	-73,21%	NON
5	Hypermarchés	0.36x	23,97%	0.108x + 79.785	0,344	0,17%	NON	38.666 ln(x) - 100.214	0,926	-1,57%	OUI	20.580ln(x)	0,926	-5,44%	NON
5	Supermarchés	0.89x	31,09%	0.962x - 0.793	0,491	-5,31%	NON	55.114 ln(x) - 157.569	0,506	31,49%	OUI	13.665ln(x)	0,612	7,21%	NON
5	Grands magasins spécialisés	0.49x	-7,92%	0.403x + 4.713	0,197	-11,71%	NON	29.132 ln(x) - 80.555	0,189	-24,26%	OUI	10.626ln(x)	0,383	6,10%	NON

6	Supérettes	1.57x	-3,55%	0.556x + 8.373	0,319	11,69%	NON	3.565 ln(x) + 6.532	0,322	17,90%	NON	6.551ln(x)	0,858	6,08%	NON
6	Commerce de détail habillement	0.97x	32,79%	0.601x + 1.237	0,423	17,38%	NON	2.210 ln(x) + 1.175	0,398	10,95%	NON	3.029ln(x)	0,73	7,23%	NON
6	Boucheries	2.56x	17,58%	0.676x + 2.401	0,431	-35,13%	NON	5.124 ln(x) + 3.362	0,283	4,43%	NON	4.457ln(x)	0,595	-21,39%	NON
6	Epiceries, alimentation	1.55x	-17,23%	0.175x + 4.597	0,015	-33,42%	NON	1.503 ln(x) + 3.879	0,049	-29,09%	NON	3.901ln(x)	0,386	-40,84%	NON
6	Boulangeries - Pâtisseries	1.37x	-4,54%	0.063x + 6.336	0,01	-4,54%	NON	1.057 ln(x) + 5.364	0,015	-2,42%	NON	4.214ln(x)	0,429	-19,46%	NON
6	Cafés, hôtels, restaurants	1.24x	137,49%	0.329x + 4.277	0,535	-16,67%	NON	2.888 ln(x) + 3.368	0,203	-54,54%	NON	4.506ln(x)	0,481	-53,94%	NON
6	Pharmacies	3.75x	36,39%	0.940x + 13.917	0,147	3,64%	NON	4.437 ln(x) + 12.431	0,1	-0,02%	NON	11.975ln(x)	0,756	3,02%	NON
6	Quincailleries	1.32x	-22,15%	0.082x + 3.228	0,001	-6,91%	NON	0.107 ln(x) + 3.347	0	-6,73%	NON	2.839ln(x)	0,305	-53,61%	NON
6	Commerce d'ameublement	1.61x	-5,23%	1.413x + 0.685	0,851	-2,92%	NON	9.428 ln(x) - 3.885	0,791	9,55%	OUI	7.772ln(x)	0,922	34,88%	NON
6	Librairie papeterie	7.55x	312,48%	-0.212x + 14.912	0,02	26,37%	NON	4.998 ln(x) + 16.764	0,281	-2,12%	NON	6.750ln(x)	0,123	-22,09%	NON
6	Autres commerces de détail	1.71x	28,77%	0.480x + 3.530	0,122	-12,63%	NON	3.304 ln(x) + 2.748	0,197	-3,38%	NON	5.051ln(x)	0,46	-12,57%	NON
6	Commerces non sédentaires	4.34x	333,82%	-0.032x + 4.992	0	1,79%	OUI	-0.681 ln(x) + 5.015	0,001	-3,34%	NON	3.979ln(x)	0,027	-59,02%	NON
7	Transport (sans entreposage)	0.19x	10,46%	0.052x + 1.145	0,137	-24,51%	NON	0.795 ln(x) + 1.053	0,084	-7,22%	NON	1.169ln(x)	0,217	-24,72%	NON
7	Tertiaire pur	0.23x	109,68%	0.074x + 1.801	0,236	-18,75%	NON	3.566 ln(x) - 0.627	0,156	-30,87%	OUI	3.302ln(x)	0,201	-30,95%	NON
7	Bureaux secteurs non tertiaires (agric., gross.)	0.64x	-7,96%	0.914x - 6.224	0,401	8,96%	OUI	11.786 ln(x) - 10.511	0,1013	-26,40%	OUI	7.921ln(x)	0,095	-23,92%	NON
7	Bureaux autres secteurs non tertiaires	0.24x	65,59%	0.081x + 3.300	0,106	-29,55%	NON	5.871 ln(x) - 3.041	0,262	-14,38%	OUI	4.657ln(x)	0,308	4,96%	NON
7	Tertiaire autre	0.34x	122,09%	0.157x + 1.941	0,572	23,56%	NON	4.519 ln(x) - 1.246	0,189	-22,06%	OUI	4.046ln(x)	0,24	65,28%	NON
8	Carrières	12.12x	-3,35%	17.358x - 38.332	0,855	5,53%	OUI	102.077 ln(x) - 78.049	0,784	12,20%	OUI	6.467ln(x)	0,713	6,70%	NON
8	Entrepôts (encombrants)	4.37x	6,58%	2.739x + 20.889	0,278	-24,66%	NON	111.377 ln(x) - 117.297	0,301	-4,91%	OUI	62.393ln(x)	0,27	-19,53%	NON
8	Entreposage (dont transport)	4.92x	-8,74%	4.841x + 9.429	0,542	-6,20%	NON	105.147 ln(x) - 72.715	0,473	-2,50%	OUI	78.489ln(x)	0,488	-3,99%	NON

Pour chaque type d'activité en ST45, des fonctions de génération sont calculés à l'aide des données de l'enquête TMV-IDF, à l'aide de la commande reg du logiciel stata.

Plusieurs formes sont testées : linéaire, logarithmique et logarithmique sans constante.

Le choix de la « bonne » fonction de génération est réalisé en appliquant chaque fonction aux établissements de sa strate d'activité. On calcule ensuite la différence entre le nombre de mouvements ainsi générés et le nombre de mouvements « observés » par ST45.

Le nombre de mouvements observés par ST45 est obtenu via l'ETMV

Feuille « Etablissements »

→ Tableau Croisé Dynamique :

Variable en ligne : « ST45-OK »

Variation en colonne : « NbMvt-Empl-Agglo-OK » (mouvements, somme)

La fonction de génération (et le ratio constant calculé par le LAET) qui donne le résultat le plus proche du nombre de mouvements observé est choisi, s'il évite toute génération « négative » ($y < 0$) des établissements. Il s'agit donc d'une méthodologie très *ad hoc*, les R^2 étant difficile à comparer entre des modèles linéaire ou logarithmique, et entre des modèles avec ou sans constante.

Le tableau ci-dessus présente donc plusieurs modèles. Pour chacun, il donne la formule, le R^2 et le delta entre la génération « observée » et la génération prédite par le modèle.

Annexe 7 : Ratio de types de véhicules par ST20

ST8	ST20	ST20	Effectifs	2-3 roues	< 3,5T	Porteur	Articulé
1	1	Agriculture	-	0,0000	0,9114	0,0858	0,0028
2	2	Service-Artisanat 1 à 2 emp	1 à 2	0,0711	0,8526	0,0608	0,0155
2	3	Service-Artisanat 3 à 6 emp	3 à 6	0,0183	0,7516	0,2051	0,0251
2	4	Service-Artisanat 7 et + emp	7 et +	0,0138	0,5350	0,2697	0,1815
3	5	Industrie 1 à 4 emp	1 à 4	0,0587	0,7213	0,2073	0,0127
3	6	Industrie 5 à 10 emp	5 à 10	0,0893	0,6178	0,2784	0,0145
3	7	Industrie 11 et + emp	11 et +	0,0596	0,3877	0,4376	0,1150
4	8	Commerce de gros 1 à 6 emp	1 à 6	0,0286	0,7246	0,2225	0,0243
4	9	Commerce de gros 7 à 19 emp	7 à 19	0,0007	0,3266	0,4878	0,1849
4	10	Commerce de gros 20 et + emp	20 et +	0,0144	0,2313	0,5718	0,1825
5	11	Grande distribution 1 à 70 emp	1 à 70	0,0000	0,3839	0,3344	0,2817
5	12	Grande distribution 71 et + emp	71 et +	0,0030	0,2882	0,3249	0,3839
6	13	Petit Commerce 1 à 2 emp	1 à 2	0,0001	0,8428	0,1507	0,0065
6	14	Petit Commerce 3 à 5 emp	3 à 5	0,0218	0,6503	0,3193	0,0086
6	15	Petit Commerce 6 et + emp	6 et +	0,0176	0,3830	0,5363	0,0632
7	16	Tertiaire 1 à 4 emp	1 à 4	0,0645	0,8301	0,1044	0,0010
7	17	Tertiaire 5 à 18 emp	5 à 18	0,1066	0,7326	0,1010	0,0598
7	18	Tertiaire 19 et + emp	19 et +	0,1616	0,3405	0,4637	0,0342
8	19	Entreposage 1 à 14 emp	1 à 14	0,0000	0,2089	0,2909	0,5003
8	20	Entreposage 15 et + emp	15 et +	0,0000	0,1313	0,5448	0,3239

Annexe 8 : Fiche d'observation voiries Paris

Questionnaire N° : _____ Durée de stationnement : de _____ à _____

1. **Météo :** 1. ensoleillé 2. nuageux 3. pluvieux 4. brouillard

2. **Origine de la plaque d'immatriculation :** 1. française 2. autre _____

3. **Type de véhicule :**

1. Articulé : _____ 2. Porteur 26 T 3. Porteur < 26 T 4. Porteur < 12T
essieux

5. VUL < 3,5 T 6. VUL < 2,5 T 7. 2-3 roues non-motorisées 8. 2-3 roues motorisées

9. **voiture particulier**

4. **Situation de circulation et de parking (estimation visuelle) :**

1. accident 2. embouteillage 3. calme 4. vide 5. parking livraison plein 6. parking livraison trop petit

5. **Mode de stationnement :**

1. double-file 2. dans le couloir de bus 3. sur le trottoir 4. sur la piste cyclable

5. sur une place de stationnement des véhicules 6. sur une place de livraison 7. sur le passage piéton 8. partie sur le trottoir et sur la chaussée

6. **Consigne sur véhicule ou Marque (UPS, supermarché, blanc...):** _____

Réalisation : Huong N'Guyen, stagiaire SPLOTT

Annexe 9 : Pistes de prolongement pour un système d'équations simultanées (chapitre 7)

Variables (Occup. moy.)	Modèle (892 obs)
Flux (veh/m/3min)	0,477 (0,045)
<i>P> t </i>	0,000
Largeur voirie (m)	-0,053 (0,010)
<i>P> t </i>	0,000
Double-sens (dum)	0,799 (0,010)
<i>P> t </i>	0,000
Voirie bus (dum)	0,331 (0,060)
<i>P> t </i>	0,000
Station vélib' (dum)	0,060 (0,027)
<i>P> t </i>	0,026
Surface véhi en DF (m²)	0,011 (0,002)
<i>P> t </i>	0,000
R² ajusté	0,810
Variables (surface DF)	
Flux (veh/m/3min)	-0,884 (0,113)
<i>P> t </i>	0,000
Largeur voirie (m)	2,100 (0,734)
<i>P> t </i>	0,004
Double-sens (dum)	-32,223 (5,719)
<i>P> t </i>	0,000
Voirie bus (dum)	-16,876 (2,790)
<i>P> t </i>	0,000
Station vélib' (dum)	-16,876 (2,790)
<i>P> t </i>	0,000
Densité police	-0,955 (0,154)
<i>P> t </i>	0,000
Ratio offre demande	-8,715 (1,310)
<i>P> t </i>	0,000
Pluie	0,114 (0,083)
<i>P> t </i>	0,167
Constante	75,094 (7,237)
<i>P> t </i>	0,000
R² ajusté	0,237

Le modèle dont les résultats sont présentés ci-dessus offre une piste de prolongement pour analyser à la fois l'impact du double-file sur le trafic, et l'impact du trafic sur la propension des

chauffeurs-livreurs à stationner en double-file, à l'aide d'un système d'équations simultanées (commande reg3 de stata).

Les résultats du modèle sont comparables qualitativement aux modèles présentés dans le chapitre 7. Ainsi, le taux d'occupation moyen varie :

- A la hausse si le flux est important
- A la baisse si la voirie est large
- A la hausse si la voirie est en double-sens
- A la hausse s'il y a une voirie pour les bus
- A la hausse s'il y a une station vélib'
- A la hausse si des véhicules sont stationnés en double-file (le stationnement en double-file a donc un impact sur le trafic).

Au contraire, la surface des véhicules en double-file varie :

- A la baisse si le flux est important (les chauffeurs-livreurs stationnent donc moins si le trafic est important).
- A la hausse si la voirie est large
- A la baisse si la voirie est en double-sens
- A la baisse s'il y a une voirie pour les bus
- A la baisse s'il y a une station vélib'
- A la baisse si la densité d'agents de contrôle dans l'arrondissement est forte
- A la baisse si la demande est très importante par rapport à l'offre de stationnement
- A la hausse s'il pleut (mais le paramètre n'est pas statistiquement significatif)

On remarque par ailleurs que la valeur de l'estimateur lié à la variable de la surface de véhicules en double-file est plus importante que dans les modèles présentés dans le chapitre 8, ce qui tendrait à montrer que l'impact statistique du double-file sur le trafic est plus important lorsque l'on prend en compte le biais de simultanéité qui résulte du lien statistique rétroactif entre le trafic et le stationnement en double-file.

Cela dit, ces résultats ne démontrent pas de manière certaine cette valeur : le modèle est réalisé sans constante (la valeur de l'estimateur est statistiquement non significative), ce qui influe sur la valeur de l'estimateur lié à la variable de la surface en double-file.

Ces résultats sont donc à prendre avec beaucoup de précautions, et ne sont donc pas incluse dans le corps de ce travail de thèse.

Annexe 10 : Exploitations supplémentaires chapitre 8

10.1)

Comme nous le mettons en avant dans la note de bas de page 71, Nous la spécification log-log ne supporte pas l'idée commune que l'on se fait de la mesure de la congestion, pour laquelle tout changement de demande de route devrait avoir pour résultat une augmentation plus que proportionnelle du temps de parcours. L'utilisation de cette spécification peut se justifier de trois manières :

1°) Notre approche passe par les formes réduites d'un modèle de congestion. Nous analysons la durée de trajets individuels plutôt que des durées de parcours sur une route, ce qui est une simplification.

2°) Dans le cadre d'une spécification log-log, les paramètres estimés correspondent à des élasticités, ce qui facilite l'interprétation des résultats.

3°) Nous avons estimés d'autres formes (quadratique, exponentielle et linéaires), qui expliquent moins bien la variation observée dans notre échantillon (voir le tableau ci-dessous avec les différentes formes du modèle).

	Log-log	Quadratic	Exponential	Linear
<i>First-order parameters:</i>				
Minimal duration	0.523 (0.000)	1.494 (0.000)	1.531 (0.000)	1.510 (0.000)
FCR_small vehicles	0.126 (0.000)	30.039 (0.038)	6.216 (0.007)	15.663 (0.014)
(1+) Share large vehicles	0.994 (0.007)	6,849.699 (20.125)	19.280 (0.067)	61.798 (0.189)
<i>Second-order parameters:</i>				
FCR_small vehicles	-	-9.646 (0.026)	-	-
(1+) Share of large vehicles	-	-3,271.214 (9.704)	-	-
Constant	2.314 (0.000)	-3,579.047 (10.436)	-50.775 (0.191)	-56.142 (0.196)
Observations	50,848	50,848	50,848	50,848
Adjusted R²	68.5	59.8	58.6	59.4

Notes: standard-errors in brackets; all parameters are significant at the 1% threshold.

10.2)

Il est possible, comme nous l'avons développé dans la note de bas de page 74, que les capacités théoriques proposées par Appert et Chapelon (2007) soient trop basses et considèrent des parts de poids lourds dans le trafic total plus élevées que celles de notre analyse (ces caractéristiques de la capacité théorique (en % de PL dans le trafic) ne sont malheureusement pas publiées).

	Bench.	Sc. 1	Sc. 2
Log(min. duration)	0.684 (0.001)	0.685 (0.001)	0.685 (0.001)
Log(FCR small)	0.124 (0.001)	0.110 (0.001)	0.110 (0.001)
Log(1+Share large)	2.828 (0.049)	2.647 (0.049)	2.647 (0.049)
Small*Log(min. duration)	-0.167 (0.001)	-0.167 (0.001)	-0.167 (0.001)
Small*Log(FCR small)	0.086 (0.001)	0.084 (0.001)	0.084 (0.001)
Small*Log(1+Share large)	-1.414 (0.049)	-1.321 (0.049)	-1.321 (0.049)
Small (dum.)	0.325 (0.003)	0.327 (0.003)	0.334 (0.003)
Goods (dum.)	-0.430 (0.001)	-0.429 (0.001)	-0.429 (0.001)
Work (dum.)	0.035 (0.000)	0.036 (0.000)	0.036 (0.000)
Parking (dum.)	-0.076 (0.000)	-0.077 (0.000)	-0.077 (0.000)
Peak-hours (dum.)	-0.115 (0.001)	-0.102 (0.001)	-0.102 (0.001)
Paris-Suburbs (dum.)	0.126 (0.001)	0.127 (0.001)	0.127 (0.001)
Suburbs-Suburbs (dum.)	0.112 (0.001)	0.096 (0.001)	0.096 (0.001)
Constant	2.130 (0.003)	2.134 (0.003)	2.144 (0.003)
Observations	39,478	39,478	39,478
R²	70.7	70.6	70.6

Note: standard-errors in brackets; all parameters are significant at the 1% threshold

Nous proposons ici des analyses de sensibilité concluent que les changements induits par prise en compte d'une capacité théorique plus élevée dans les résultats de ce chapitre sont relativement marginaux. Le scénario 1 prend en compte une capacité théorique augmentée de 10%, le scénario 2 de 20%.

Le tableau ci-dessus montre les résultats de la régression (correspondant au modèle 4 dans le chapitre 8), en prenant en compte différents niveaux de capacité théorique. On observe quelques différences entre la valeur prise en compte dans notre modèle et le scénario alternatif 1, mais les différences sont faibles, et les paramètres sont qualitativement similaires. Il y a par ailleurs très peu de différence (étrangement) entre le scénario 1 et le scénario 2.

Marginal congestion cost of:	Cars	LGV	HGV
Benchmark (eu/vkm)	1.051	1.077	7.397
Sc. 1 (eu/vkm)	0.979	1.002	6.993
Sc. 2 (eu/vkm)	0.979	1.002	6.994

Le tableau suivant montre les coûts qui en découlent. Prendre en compte des capacités théoriques supérieures de 10 ou 20% conduit à faire baisser les coûts marginaux calculés dans le chapitre 8 entre -5,4% et -6,5%, ce qui reste relativement modeste.

10.3)

Nous montrons, dans le modèle développé dans le chapitre 8, une valeur négative du paramètre de la dummy « période de pointe » (donc si le trajet est réalisé en heure de pointe, la durée du parcours baisse).

Ce résultat peut paraître surprenant, mais ne l'est pas après un examen plus poussé. Nous montrons ici que si l'on ne contrôle pas l'estimation par les variables décrivant les conditions du trafic, la dummy « périodes de pointe » a un impact positif sur la durée du trajet (en heure de pointe, la durée du parcours augmente).

	Standard	Controls only
Ln(minimal duration)	0.515 (0.000)	-
Ln(FCR_small vehicles)	0.211 (0.000)	-
Ln(1+ share large vehicles)	1.266 (0.008)	-
Small	-0.102 (0.001)	-0.127 (0.002)
Goods	-0.391 (0.001)	-0.334 (0.001)
Work	0.024 (0.000)	0.226 (0.000)
Peak-hours	-0.127 (0.000)	0.056 (0.000)
Paris-Suburbs	0.138 (0.001)	0.882 (0.001)
Suburbs-suburbs	0.107 (0.000)	-0.100 (0.001)
Constant	2.519 (0.001)	2.791 (0.002)
Observations	50,848	50,848
Adjusted R²	69.7	11.8

Note: standard-errors in brackets; all parameters are significant at the 1% threshold.

On peut interpréter le signe négatif du Tableau 8.3.1 comme étant dû à une conduite plus « agressive » des individus pendant les périodes de pointe.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures & Graphiques

Figure 0.1.1 – Représentation schématique du transport de marchandises en ville	10
Figure 0.3.1 – Les trois formes du diagramme fondamental de la congestion.....	16
Figure 0.3.2 – Le coût marginal de congestion en économie des transports	18
Figure 0.4.1 – Interactions urbanisme – transport dans les modèles LUTI.....	21
Figure 1.1.1 – Représentation schématique des systèmes de transport.....	38
Figure 1.2.1 – Schéma récapitulatif des liens formes urbaines – transport	40
Figure 1.2.2 – Ville piétonne, ville du transit, ville de l’automobile : illustrations.....	42
Figure 1.2.3 – Facteurs de localisation des activités économiques	45
Figure 1.2.4 – La dynamique de concurrence dans le transport routier de marchandises en France	46
Figure 1.2.5 – Consommation de carburant selon la densité urbaine.....	48
Figure 1.2.5 – Deux niveaux déterminants de la mobilité des marchandises en milieu urbain : les firmes consommatrices, et les entreprises productrices de transport et logistique	50
Figure 1.2.6 – Relation théorique entre la densité et le coût du TMV	52
Figure 1.3.1 – Représentation de différents modèles urbains à travers le monde	54
Figure 1.3.2 – Histoire récente de l’urbanisation de la région parisienne	56
Figure 2.1.1 – Schéma d’administration des enquêtes TMV	75
Figure 2.1.2 – Typologie de commune pour l’échantillonnage de l’ETMV-IDF	78
Figure 2.1.3 – Zones de tirage des établissements économiques pour l’enquête TMV-IDF.....	78
Figure 2.1.4 – Répartition des mouvements, établissements et emplois par ST8, les grands types d’activités de l’enquête TMV	82
Figure 2.1.5 – Répartition des types de mouvements selon les types d’activités.....	83
Figure 2.1.6 – Répartition des modes de gestion selon les types d’activités.....	84
Figure 2.1.7 – Répartition des types de véhicules selon les types d’activités	85
Figure 2.2.1 – Critères de définition des 25 fonctions de distance des mouvements dans Freturb	91
Figure 2.2.2 – Une agence de domiciliation d’entreprises à Montreuil-sous-Bois	95
Figure 2.2.3 – Représentation systémique de l’offre et de la demande en transport.....	100
Figure 2.2.4 – Modèles simples, modèles complexes, et risques d’erreurs.....	101

Figure 2.2.5 – Les conditions de l’opérationnalité du lien entre situation considérée et données produites : cohérence, pertinence, mesurabilité	102
Figure 3.2.1 – Ratios hebdomadaires de mouvements par emploi pour le ST8	114
Figure 3.2.2 – Exemples de la génération dans Freturb selon le type d’activité	116
Figure 3.2.3 – Exemples de la génération d’après les données TMV-IDF selon le type d’activité	117
Figure 3.2.4 – Répartition du type de véhicule résumé selon le type d’activité et la taille de l’établissement.....	121
Figure 3.2.5 – Relation entre la distance au centre et la densité de mouvements par commune en Ile-de-France	123
Figure 3.3.1 – Classification des grands types d’activités métropolitains en fonction de leurs impacts sur l’espace urbain.....	130
Figure 3.3.2 – Localisation des mouvements en Ile-de-France	132
Figure 3.3.3 – Localisation des kilomètres parcourus générés par les établissements en Ile-de-France	134
Figure 3.3.4 – « Intensité logistique » des espaces franciliens.....	135
Figure 3.3.5 – Territoires émetteurs, territoires récepteurs en Ile-de-France	136
Figure 3.3.6 – Concentration des mouvements en Ile-de-France	137
Figure 3.3.7 – Concentration des mouvements à Paris	138
Figure 3.3.8 – La co-localisation des mouvements de marchandises et des activités humaines : potentiels de conflits d’usage de la voirie et exposition aux nuisances	139
Figure 4.1.1 – Schéma d’une trace directe et d’une tournée : distinction entre les flux de marchandises et les trajets de véhicules	154
Figure 4.1.2 – Nombre de points touchés par tournée en fonction du type de marchandise transportée	162
Figure 4.1.3 – Nombre de mouvements par parcours selon le mode de gestion dans les années 1990	162
Figure 4.1.4 – Typologie des tournées de Bordeaux dans les années 1990	163
Figure 4.2.1 – Typologie des parcours, critère A	167
Figure 4.2.2 – Typologie des parcours, critères A et B	169
Figure 4.2.3 – Typologie des parcours, critère A, B et C.....	172
Figure 4.2.4 – Fonctionnement d’une opération de transport par course	173
Figure 4.2.5 – Typologie des parcours, critères A, B, C et D	174
Figure 4.2.6 – Fonctionnement d’un réseau de messagerie.....	175
Figure 4.2.7 – Typologie des parcours, critères A, B, C, D et E.....	176

Figure 4.2.8 – Typologie finale des parcours	179
Figure 4.3.1 – Typologie finale des parcours : représentation graphique	183
Figure 4.3.2 – Exemple d’une tournée de messagerie colis « typique »	184
Figure 4.3.3 – Représentation visuelle de la répartition temporelle des activités des chauffeurs-livreurs en fonction de leur organisation logistique	187
Figure 4.3.4 – Relation entre la distance parcourue et la durée des trajets des parcours	188
Figure 4.3.5 – Vitesse des trajets des parcours en fonction de la distance parcourue, des types de véhicules et des origines – destinations.....	189
Figure 4.3.6 – Distribution statistique du nombre de mouvements par parcours selon l’organisation logistique.....	192
Figure 5.1.1 – Simulation de choix de stationnement prenant en compte le trajet entier ou le stationnement	201
Figure 5.1.2 – Prise en compte des différentes options des conducteurs à travers des modèles logit imbriqués.....	202
Figure 5.1.3 – Relation entre le nombre de mouvements d’une tournée et la durée des mouvements	204
Figure 5.1.4 – Structure de simulation de stationnement pour les marchandises.....	205
Figure 5.2.1 – Démarche et données pour la distinction des modes de stationnement	212
Figure 5.2.2 – Relation entre la durée du mouvement et le poids chargé / déchargé lors d’un mouvement	214
Figure 5.2.3 – Usage des outils de manutention en fonction du poids et du conditionnement de la marchandise.....	215
Figure 5.2.4 – Durée du mouvement selon le mode de manutention de la marchandise	215
Figure 5.2.5 – Proportion entre stationnement privé et stationnement public selon le type de territoire en Ile-de-France	216
Figure 5.2.6 – Proportion d’établissements disposant d’infrastructures de stationnement privées en fonction de l’environnement urbain	217
Figure 5.2.7 – Proportion d’établissement disposant d’infrastructures de stationnement privées en fonction du type d’établissement en ST20	218
Figure 5.2.8 – Stationnement dans les établissements disposant d’infrastructures de stationnement privé, durée dans les établissements disposant d’infrastructures privées	219
Figure 5.2.9 – Proportion d’utilisation du parc de stationnement public selon la zone de l’Ile-de-France	220
Figure 5.2.10 – Distance entre l’établissement et l’aire de livraison utilisée par le chauffeur-livreur selon différents critères.....	221

Figure 5.2.11 – Proportion de stationnement gênant dans les différentes zones de la région Ile-de-France	223
Figure 5.2.12 – Durée du mouvement en fonction du type de stationnement dans Paris.....	223
Figure 5.2.13 – Proportion du stationnement en fonction du type de véhicule dans Paris.....	224
Figure 5.2.14 – Proportion du stationnement en fonction du type de voirie	226
Figure 5.2.15 – Proportion du stationnement en fonction de la période de la journée.....	226
Figure 5.2.16 – Stationnement sur arrêt de bus et passage piétons	228
Figure 5.2.17 – Stationnement à cheval sur voirie	229
Figure 5.2.18 – Stationnement à cheval sur deux axes perpendiculaires	229
Figure 5.2.19 – Stationnement et utilisation des obstacles permanents, temporaires ou même éphémères	230
Figure 5.2.20 – Proportion du stationnement en double-file et sur voirie.....	231
Figure 4.4.1 – Relation théorique entre le nombre d'établissements possibles de desservir par parcours et la densité de l'agglomération.....	238
Figure 6.1.1 – Aires de livraisons partagées et sanctuarisées.....	248
Figure 6.1.2 – Exemple de diagnostic local pour réalisation d'aires de livraisons	248
Figure 6.1.3 – Division de la ville de Paris en 1 200 carrés pour l'analyse	251
Figure 6.1.4 – Enquête d'utilisation d'aires de livraisons à Paris	253
Figure 6.2.1 – Localisation des aires de livraisons temporaires et permanentes à Paris	255
Figure 6.2.2 – Offre de stationnement en minutes d'Equivalent Véhicule Léger (EVL).....	258
Figure 6.3.1 – Nombre de mouvements hebdomadaires générés à Paris	260
Figure 6.3.2 – Proportion des mouvements selon le jour de la semaine, à Paris.....	261
Figure 6.3.3 – Proportion des mouvements selon l'heure de la journée, à Paris.....	263
Figure 6.3.4 – Proportion des mouvements selon la demande d'aires de livraisons ou non, par type de véhicules, à Paris	266
Figure 6.3.5 – Durée moyenne des mouvements en fonction du type de véhicules à Paris	267
Figure 6.4.1 – Comparaison spatiale de la demande et de l'offre de stationnement en minutes d'EVL à Paris pendant toute une journée.....	270
Figure 6.4.2 – Comparaison spatiale de la demande et de l'offre de stationnement en minutes d'EVL à Paris pendant l'heure de pointe	271
Figure 6.4.3 – Déficit d'offre en stationnement pour les poids lourds dans les carreaux de la grille qui souffrent d'un déficit à l'heure de pointe à Paris	271

Figure 6.4.4 – Synthèse des excédents de demande et d’offre à Paris en heure de pointe, en minutes d’EVL.....	273
Figure 7.1.1 – Diagramme fondamental de la congestion : relation entre débit Q et concentration K 281	
Figure 7.1.2 – Dérivé du diagramme fondamental de la congestion : relation entre débit Q et taux d’occupation TO.....	284
Figure 7.1.3 – Représentation graphique des pentes différentes pour la relation entre le débit et le taux d’occupation selon la présence de double-file ou non.....	284
Figure 7.1.4 – Représentation des pentes pour la relation le débit et le taux d’occupation selon la présence de double-file ou non, et selon la largeur de la voirie	285
Figure 7.2.1 – Réseau instrumenté par des stations de comptage de trafic à Paris	287
Figure 7.2.2 – Rues observées pendant le travail d’enquête	288
Figure 7.2.3 – Types et fréquence des pratiques de stationnement observés lors de l’enquête de terrain	293
Figure 7.3.1 – Impact du double-file sur la relation flux – taux d’occupation, selon le type de voirie et selon l’importance du double-file.....	300
Figure 8.2.1 – Les infrastructures routières de l’Ile-de-France prises en compte dans l’analyse.....	319
Figure 8.2.2 – Attribution des flux aux différentes macro-zones	324
Figure 8.3.1 – Impacts de la congestion, différenciés selon le type de véhicule et les conditions de trafic	329
Figure 9.5.1 – Exemple d’une « carte des conflits », issue du guide technique pour l’aménagement des trottoirs pour les livraisons	356

Tableaux

Tableau 2.1.1 – Le nombre de questionnaires chauffeur-livreur selon le mode d’administration et le type de questionnaire.....	80
Tableau 2.2.1 – Nombre d’établissements avant et après le contrôle des codes juridiques par départements.....	94
Tableau 2.2.2 – Nombre d’établissements avant et après le contrôle des adresses contenant plus de 15 établissements.....	95
Tableau 2.2.3 – Nombre final d’établissements	96
Tableau 3.1.1 – Tableau récapitulatif de la structure économique d’Ile-de-France selon les huit grandes strates d’activité.....	113
Tableau 3.2.1 – Création du ST20.....	120

Tableau 3.2.2 – Résultats de la régression multiples sur les distance (calculs de l’auteur)	124
Tableau 3.3.1 – Tableau récapitulatif de l’organisation logistique selon les huit grandes strates d’activité d’Ile-de-France	126
Tableau 3.3.2 – Tableau récapitulatif des impacts du TMV selon les huit grandes strates d’activité d’Ile-de-France	127
Tableau 3.3.3 – Nombre de mouvements générés pour l’Ile-de-France et ses sous-ensembles.....	131
Tableau 4.1.1 – Matrice OD des véhicules (à gauche) vs. Matrice OD des marchandises (à droite) d’après le schéma de la Figure 4.1.1	154
Tableau 4.3.1 – Nombre d’observations et nombres d’entreprises	180
Tableau 4.3.2 – Statistiques descriptives de la forme générale des parcours	181
Tableau 5.2.1 – Comparaison des trois bases de données pour l’étude du stationnement	211
Tableau 5.2.2 – Discrétisation de la variable du choix de stationnement dans l’ETMV	211
Tableau 5.2.3 – Discrétisation des variables de l’ETMV-IDF pour l’analyse du stationnement.....	213
Tableau 5.2.4 – Typologie des rues parisiennes selon leurs formes urbaines	225
Tableau 6.2.1 – Offre en Aires de Livraisons par arrondissement	257
Tableau 6.2.2 – Offre de stationnement en EVL et minutes d’EVL par carreaux	259
Tableau 6.3.1 – Mouvements hebdomadaires générés par carreau de la grille	260
Tableau 6.3.2 – Mouvements générés selon les jours de la semaine.....	262
Tableau 6.3.3 – Mouvements générés selon les tranches horaires d’un vendredi moyen	264
Tableau 6.3.4 – Mouvements hebdomadaires générés par carreau de la grille selon le type de véhicules	265
Tableau 6.3.5 – Discrétisation de la variable du choix de stationnement dans l’ETMV selon la demande d’aires de livraisons.....	266
Tableau 6.3.6 – Mouvements hebdomadaires selon le type de véhicule, et conversion en EVL et en minutes d’EVL	268
Tableau 6.3.7 – EVL et minutes d’EVL nécessitant une aire de livraisons selon le type de véhicule	268
Tableau 6.4.1 – Comparaison de l’offre et de la demande de stationnement à Paris selon différentes périodes de la journée.....	269
Tableau 7.2.1 – Description des formes urbaines physiques et fonctionnelles des rues observées.....	290
Tableau 7.2.2 – Nombre (et minutes) d’observations pour les différentes voiries enquêtées	291
Tableau 7.2.3 – Nombre de véhicules stationnés, par mètre de voirie et par heure d’observation, par voirie, selon la tranche horaire d’arrivée	292
Tableau 7.2.4 – Nombre de véhicules stationnés, par type de véhicules et par voirie	292

Tableau 7.2.5 – Statistiques de trafic (débit et taux d’occupation) récoltées pour les différentes voiries, aux périodes d’observation.....	294
Tableau 7.2.6 – Statistiques descriptives pour les variables de trafic, de stationnement, et de contrôle lorsque le taux d’occupation est inférieur à 20 (892 observations).....	295
Tableau 7.3.1 – Résultat économétrique de l’équation (19) (calculs de l’auteur).....	297
Tableau 7.3.2 – Statistiques descriptives pour les variables contrôle servant au modèle (calculs de l’auteur).....	301
Tableau 7.3.3 – Résultat économétrique analysant l’impact du flux et de plusieurs variables de contrôle sur la quantité de véhicules en double-file (X).....	302
Tableau 7.3.4 – Impact du double-file sur le taux d’occupation pour une demande de route et des caractéristiques de voirie moyennes, selon le type de véhicule	304
Tableau 7.3.5 – Impact du double-file sur la vitesse moyenne du flux, sur le temps perdu, et sur le coût du double-file, selon le type de véhicule.....	305
Tableau 7.3.6 – Impact du double-file sur la vitesse moyenne du flux, du temps perdu, et du coût du double-file, selon le type de véhicule et le type de voirie	306
Tableau 8.2.1 – L’offre en infrastructure en Ile-de-France : statistiques descriptives	321
Tableau 8.2.2 – La demande de route : flux de véhicules particuliers (VP), véhicules utilitaires légers	322
Tableau 8.2.3 – Offre et demande d’infrastructure rencontrées par les individus.....	325
Tableau 8.3.1 – Résultats des équations (4) et (5).....	327
Tableau 8.3.2 – Pertes marginales selon l’OD et la période	331
Tableau 8.3.3 – Pertes de temps totales, selon le type de véhicule	332
Tableau 8.4.1 – Valeurs et sources pour les différents coûts envisagés.....	334
Tableau 8.4.2 – Structure et coûts marginaux pour le transport en Ile-de-France.....	335
Tableau 8.4.3 – Coûts marginaux de congestion pour différents types de véhicules selon l’OD et la période de la journée	336

RESUME - ABSTRACT

Résumé :

Le transport de marchandises en ville (TMV) est essentiel à la vitalité économique des espaces urbains, mais également source de nombreuses externalités négatives, notamment la congestion routière. Si la quantification des pertes de temps est aujourd'hui une pratique banalisée, la contribution du TMV est moins fréquemment étudiée. Par ailleurs, l'impact réciproque de la congestion sur les opérations de TMV est relativement peu abordé, surtout dans une perspective urbanistique et géographique. L'occupation de la voirie par les véhicules de fret et leurs impacts sur l'organisation du TMV peuvent pourtant être considérés comme étant le résultat de divers phénomènes socio-spatiaux.

Cette thèse se propose d'analyser l'occupation de la voirie par les véhicules de fret, l'importance des coûts de congestion routière associés ainsi que les incidences sur l'organisation du TMV. D'un point de vue théorique, le TMV est pensé comme un ensemble de processus industriels (à envisager dans un cadre plus large que la simple opération de transport) aux caractéristiques variées, mis en place par des entreprises pour répondre aux besoins d'approvisionnement des entreprises d'une aire urbaine. Nous analysons l'articulation de ces processus industriels avec les formes urbaines de la ville, et en particulier la relation difficile qu'entretiennent le TMV et la densité spatiale. D'un point de vue empirique, nous mobilisons plusieurs sources de données décrivant les flux de marchandises en Ile-de-France (dont l'enquête Transport de Marchandises en Ville (ETMV) réalisée en 2010). Outre son ancrage fort dans un référentiel spatial, nos analyses empiriques de la contribution du TMV à la congestion routière s'inspirent de plusieurs cadres disciplinaires, l'ingénierie des trafics et l'économie des transports notamment.

Mots-clés : TMV ; Congestion ; Formes Urbaines ; Ile-de-France

Abstract:

Urban goods movements (UGM) are essential for economic activities in urban areas, but they are also generators of negative externalities, including road congestion. However, while the measure of time losses is a common research practice, the contribution of UGM is less frequently studied. The reciprocal impact of congestion on UGM operations is also rarely addressed, especially from the perspective of urban planning and geographic analysis. Yet, road occupancy by freight vehicles, and their impacts on UGM operations and organization can be considered as the results of socio-spatial phenomena.

This thesis proposes an analysis of road occupancy by freight vehicles, of the induced congestion costs, and of the impacts on UGM operations. From a theoretical perspective, we analyze UGM as various industrial processes (which should be considered in a wider perspective than mere transport operations), with diverse characteristics, implemented by companies to meet the supply needs of companies of an urban area. We also emphasize the need to analyze the links between those industrial processes and urban forms, and we focus on the difficult relationship between UGM and urban density. From an empirical perspective, we rely on several data sources (including the Urban Goods Movements Survey (UGMS) performed in Ile-de-France in 2010). While our framework is grounded in spatial analysis, our empirical analyses of road congestion induced by urban freight also borrow from several disciplinary fields, including traffic engineering and transport economics.

Key words: UGM; Congestion; Urban Forms; Ile-de-France

TABLE DES MATIERES

Sommaire	2
Remerciements	6
Introduction Générale.....	8
Le transport de marchandises et la ville	9
Les enjeux du transport de marchandises en ville	12
La congestion routière, à la croisée des approches disciplinaires	15
Analyse de la congestion provoquée par le TMV : double entrée par l'aménagement urbain et l'analyse spatiale.....	20
Problématique de recherche : l'analyse de l'impact du TMV sur la congestion, et vice-versa	22
Hypothèse de recherche.....	23
Contexte du travail de thèse.....	24
Organisation générale de la thèse	26
Partie 1 – Formes urbaines et mouvements de marchandises dans la région Ile-de-France	30
Introduction de la Partie 1	30
Chapitre I – Interactions entre transport de marchandises en ville et formes urbaines : définitions et enjeux théoriques.....	32
Introduction	32
1.1 Formes urbaines et systèmes de transport de marchandises : définitions.....	33
1.1.1 Formes urbaines : polysémie et multiplicité des cadres théoriques	33
1.1.2 Les systèmes de transport de marchandises, à appréhender au sein des processus logistiques, productifs et distributifs	35
1.2 Formes urbaines et systèmes de transport : revue des littératures pour les marchandises (et les passagers)	39
1.2.1 Des systèmes de transport aux formes urbaines.....	41
1.2.2 Des formes urbaines aux pratiques de déplacements	48
1.3 Lien formes urbaines – transport : le cas de la région parisienne.....	54
1.3.1 La région parisienne : formes urbaines typiques d'une ville européenne	54
1.3.2 Activités économiques et demande de transport de la région francilienne	58
1.3.3 Offre en infrastructures : la relation tumultueuse entre Paris et la circulation automobile	60
Conclusion.....	62
Bibliographie du chapitre 1	63
Chapitre II – Mesurer la demande pour le TMV : aspects méthodologiques, approche critique	71
Introduction	71
2.1 Mesure des mouvements et des flux de marchandises pour l'Ile-de-France : revue de littérature	72
2.1.1 L'enquête Transport de Marchandises en Ville : méthode	72
2.1.2 L'enquête TMV : spécificités franciliennes.....	77
2.1.3 Principaux résultats de l'enquête TMV-IDF.....	81

2.2	Au-delà des grands indicateurs statistiques : présentation des modèles de demande et de Freturb.....	86
2.2.1	La modélisation de la demande du TMV dans la littérature	86
2.2.2	Le modèle Freturb : méthodologie	89
2.2.3	Mesurer l'activité économique d'une zone : enjeux et application méthodologique	98
2.2.4	La démarche TMV-Freturb : approche critique.....	97
	Conclusion.....	103
	Bibliographie du chapitre 2	104
Chapitre III – Cartographier la géographie des flux de marchandises : analyse de la		
	demande de TMV	107
	Introduction	107
3.1	Structure économique métropolitaine : analyse détaillée des grands types d'activité en Ile-de-France	108
3.2	Mesurer et caractériser la demande de marchandises en Ile-de-France.....	114
3.2.1	Mesurer la demande à partir des activités économiques	114
3.2.2	Caractériser la demande de marchandises : taille des véhicules	119
3.2.3	Caractériser la demande de marchandises : distance parcourue par les véhicules	121
3.3	Structure économique, localisation des établissements, et génération des mouvements de	
	marchandises en Ile-de-France	125
3.3.1	Structure économique, fonctionnement logistique et génération des mouvements et de leurs	
	caractéristiques en Ile-de-France	125
3.3.2	Répartition spatiale des mouvements en Ile-de-France : hyper-concentration et co-localisation	
	d'activités humaines	131
	Conclusion.....	140
	Bibliographie du chapitre 3	141
	Conclusions de la partie 1	143
Partie 2 – Analyse des déterminants de l'occupation de la voirie : circulation et		
	stationnement des véhicules de TMV	148
	Introduction de la Partie 2	148
Chapitre IV – Etude de la forme des parcours : organisations logistiques, contraintes		
	spatiales et temporelles.....	151
	Introduction	151
4.1	Parcours des marchandises en ville et connaissances empiriques : revue de littérature	152
4.1.1	Formes des parcours urbains et connaissances qualitatives	152
4.1.2	Formes des parcours urbains et connaissances quantitatives	158
4.2	Construction d'une typologie des parcours en fonction de leur organisation logistique	164
4.2.1	Typologie des parcours : données, démarche, critères.....	164
4.2.2	Construction de la typologie des tournées en fonction du service de transport proposé.....	166
4.3	Analyse des formes de parcours des véhicules de marchandises en fonction de leur organisation	
	logistique	180

4.3.1	Etude de la forme spatiale des parcours et de l'occupation de la voirie en fonction de leurs organisation logistique	180
4.3.2	Représentation temporelle des parcours : approche par les formes urbaines et l'organisation logistique	186
4.3.3	Comprendre les organisations logistiques : implications et limites pour la recherche	190
	Conclusion	192
	Bibliographie du chapitre 4	194
Chapitre V – Les « derniers mètres » de la logistique : analyse du stationnement des chauffeurs-livreurs en milieu urbain		
	Introduction	198
5.1	Les déterminants du choix du mode de stationnement pour le transport de marchandises en ville : revue de littérature	199
5.1.1	Les choix de stationnement dans la littérature : enjeux et démarches de modélisation	199
5.1.2	Choix de stationnement et dimensions spécifiques pour les véhicules de transport de marchandises en ville	203
5.2	Observation empirique de l'impact des différentes dimensions du mode de stationnement	208
5.2.1	Données et démarche mobilisées pour appréhender ces différentes dimensions	208
5.2.2	Observations empiriques : comprendre la durée du stationnement	212
5.2.3	Observations empiriques : stationnement privé des véhicules de marchandises	216
5.2.4	Observations empiriques : stationnement public des véhicules de marchandises	220
5.2.5	Observations empiriques : stationnement gênant des véhicules de marchandises	222
5.2.6	Observations empiriques : stationnement sur voirie des véhicules de marchandises	227
	Conclusion	231
	Bibliographie du chapitre 5	233
	Conclusion de la Partie 2	236
Partie 3 – Occupation de la voirie par les véhicules de marchandises et formation de la congestion		
	Introduction de la Partie 3	241
Chapitre VI – Evaluation de la politique d'aires de livraisons dans la ville de Paris		
	Introduction	244
6.1	Comparaison de l'offre et de la demande en aires de livraison : contexte parisien, démarche et limites	245
6.1.1	Politique d'aires de livraisons : contexte parisien	245
6.1.2	Comparaison entre l'offre et la demande : revue de littérature et démarche empirique	249
6.1.3	Limites de l'étude : une offre surestimée, une demande sous-estimée ?	252
6.2	Analyse de l'offre en stationnement et en aires de livraisons dans la ville de Paris	255
6.2.1	L'offre en aires de livraisons à Paris : analyse quantitative et transformation en une unité commune avec la demande	255
6.3	Estimation de la demande d'aires de livraisons à Paris	259
6.3.1	Estimation de la demande totale dans le temps et dans l'espace	259

6.3.2	Caractérisation des mouvements et transformation en « Equivalents Véhicules Légers »	264
6.4	Comparaison de l'offre et de la demande en aires de livraisons à Paris.....	269
	Conclusion.....	274
	Bibliographie du chapitre 6	276

Chapitre VII – Mesure de la congestion provoquée par le stationnement en double-file à Paris 279

	Introduction	279
7.1	Mesure de la congestion provoquée par le stationnement à Paris : démarche empirique.....	279
7.1.1	Le diagramme fondamental de la congestion	280
7.1.2	Stratégie empirique pour estimer l'impact du stationnement en double-file sur la relation entre le débit et le taux d'occupation.....	282
7.2	Bases de données pour l'observation du stationnement et pour la mesure du trafic dans une sélection de rues parisiennes.....	286
7.2.1	Démarche de l'enquête de terrain : agréger des données sur le stationnement avec des données de trafic	286
7.2.2	Enquête de terrain : observation de l'occupation de la voirie par les chauffeurs-livreurs stationnés en double-file	290
7.2.3	Couplage des données de stationnement avec les données de trafic	293
7.3	Mesure de l'impact du stationnement en double-file sur la formation de la congestion	296
7.3.1	Résultats du modèle économétrique : impact du stationnement en double-file sur la relation flux – taux d'occupation	296
7.3.2	Limites statistiques et risques de biais de simultanéité.....	300
7.3.3	Pertes de temps et coûts marginaux provoqués par le stationnement en double-file	304
	Conclusion.....	307
	Bibliographie du chapitre 7	308

Chapitre VIII – Mesure macroscopique de la congestion provoquée par les véhicules de livraisons sur les véhicules particuliers, et vice-versa..... 311

	Introduction	311
8.1	Mesure macroscopique de la congestion en Ile-de-France : démarche empirique	313
8.1.1	Fonction « BPR » et prise en compte des grands véhicules.....	313
8.1.2	Stratégie empirique : mesure macroscopique de la congestion routière	316
8.2	Bases de données mobilisées et reconstitution de l'offre et de la demande de routes rencontrées par des individus en Ile-de-France.....	318
8.2.1	Mesure de l'offre en infrastructure dans le cadre d'un modèle macroscopique.....	318
8.2.2	La demande en infrastructures : matrices OD pour les voyageurs et les marchandises	321
8.2.3	Données pour les observations individuelles et caractérisation en fonction de l'offre et de la demande rencontrées	322
8.3	Mesure de l'effet des poids lourds sur la durée des trajets des petits véhicules, et vice-versa.....	326
8.3.1	Résultats du modèle économétrique : des fonctions de congestion différenciées selon le type de véhicule	326
8.3.2	Des résultats économétriques à la définition de fonctions de durée des trajets.....	328
8.3.3	Les pertes de temps marginales : causées par qui, à qui ?	330

8.4 Coûts marginaux de congestion	333
Conclusion.....	336
Bibliographie du chapitre 8	338
Conclusion de la Partie 3.....	341
Conclusion Générale	344
Les organisations logistiques des opérateurs de transport comme adaptation aux spécificités urbaines	344
Liens entre formes urbaines et TMV	345
Occupation de la voirie des véhicules de marchandises et phénomènes de congestion en Ile-de-France ..	347
Discussion des résultats	348
Recherches futures.....	353
Bibliographie Générale	358
Annexes	381
Annexe 1 : questionnaires de l'ETMV-IDF	381
Annexe 2 : strates d'activités utilisées par le LAET (ST8, ST45, ST115)	392
Annexe 3 : Traitements de la Base de Données TMV-IDF « Etablissements » présentés dans le chapitre 1	397
Annexe 4 : Codes juridiques non prise en compte dans le fichier Altarès.....	398
Annexe 5 : Tableau 3.1.1 ST32	399
Annexe 6 : Choix des fonctions de génération	400
Annexe 7 : Ratio de types de véhicules par ST20	403
Annexe 8 : Ficher d'observation voiries Paris.....	404
Annexe 9 : Pistes de prolongement pour un système d'équations simultanées (chapitre 7).....	405
Annexe 10 : Exploitations supplémentaires chapitre 8.....	407
Table des Illustrations	412
Résumé - Abstract	420
Table des Matières	422