

Document de travail du LEM / Discussion paper LEM
2021-10

Gratuité des transports en commun et congestion routière : revue de la littérature et implications pour Paris

Quentin DAVID

Univ. Lille, CNRS, IESEG School of Management, UMR 9221 - LEM - Lille Économie Management, F-59000 Lille, France, contact : quentin.david@univ-lille.fr

<https://lem.univ-lille.fr/>

Les documents de travail du LEM ont pour but d'assurer une diffusion rapide et informelle des résultats des chercheurs du LEM. Leur contenu, y compris les opinions exprimées, n'engagent que les auteurs. En aucune manière le LEM ni les institutions qui le composent ne sont responsables du contenu des documents de travail du LEM. Les lecteurs intéressés sont invités à contacter directement les auteurs avec leurs critiques et leurs suggestions.

Tous les droits sont réservés. Aucune reproduction, publication ou impression sous le format d'une autre publication, impression ou en version électronique, en entier ou en partie, n'est permise sans l'autorisation écrite préalable des auteurs.

Pour toutes questions sur les droits d'auteur et les droits de copie, veuillez contacter directement les auteurs.

The goal of the LEM Discussion Paper series is to promote a quick and informal dissemination of research in progress of LEM members. Their content, including any opinions expressed, remains the sole responsibility of the authors. Neither LEM nor its partner institutions can be held responsible for the content of these LEM Discussion Papers. Interested readers are requested to contact directly the authors with criticisms and suggestions.

All rights reserved. Any reproduction, publication and reprint in the form of a different publication, whether printed or produced electronically, in whole or in part, is permitted only with the explicit written authorization of the authors.

For all questions related to author rights and copyrights, please contact directly the authors.

Gratuité des transports en commun et congestion routière : revue de la littérature et implications pour Paris¹

Aout 2021

Quentin DAVID¹

¹Univ. Lille, CNRS, IESEG School of Management, UMR 9221 - LEM - Lille Économie Management, F-59000 Lille, France

Contact : quentin.david@univ-lille.fr

Résumé

En mars 2018, la Maire de paris proposait de rendre les transports en commun gratuits pour lutter contre la pression automobile. Alors qu'il s'agit d'une proposition récurrente et que de nombreuses villes l'ont expérimentée, aucun article scientifique ne propose un cadre d'analyse économique cohérent pour saisir les effets attendus d'une telle mesure.

Les résultats des travaux de l'économie des transports suggèrent que la gratuité des transports en commun à Paris n'est pas en mesure de réduire significativement la pression automobile car elle aurait un impact faible sur le report modal des automobilistes. Les études de cas et les simulations réalisées à l'aide de modèles de transport vont dans le même sens. Elles indiquent que l'effet d'une telle mesure sur la pression automobile est très limité. En pratique, seules les villes qui poursuivaient aussi d'autres objectifs ont parfois conservé leur politique de gratuité.

Il ressort de cette analyse de la littérature que la réduction de la pression automobile passe par un changement du coût relatif de l'utilisation de la voiture et des transports en commun. Pour atteindre cet objectif, différentes mesures doivent être envisagées : la mise en place de taxes sur la possession ou l'utilisation de l'automobile (le péage urbain est une des modalités possibles), améliorer la qualité des transports en commun pour en réduire la saturation, réduire l'espace public dévolu à l'automobile, promouvoir d'autres modes de transport.

Mots clef : Transport en commun ; Congestion ; gratuité ; Paris

¹ Cet article est issu d'un travail de recherche réalisé pour le compte du LIEPP, à la demande de la Mairie de Paris en 2018. Il a bénéficié de la précieuse assistance de Matteo Del Fabbro et Paul Vertier que je tiens à remercier. Je souhaite aussi remercier Samira Jebli, Andreana Khristova, Isy Nagiel, Juliette Seban et Tarik Tazdait (Secrétaire Général de la Revue d'Economie Politique) ainsi que deux rapporteurs anonymes pour leurs contributions. Les opinions émises dans cet article sont propres à l'auteur. Cette recherche a bénéficié d'un financement de la Mairie de Paris et du soutien de l'ANR et l'État au titre du programme d'Investissements d'avenir dans le cadre du LabEx LIEPP (ANR-11-LABX-0091, ANR-11-IDEX-0005-02) et de l'IdEx Université de Paris (ANR-18-IDEX-0001)

Free fare public transport and road congestion: literature review and implication for Paris

Abstract

In March 2018, the Mayor of Paris proposed a free fare public transport policy to reduce road congestion. While this is a recurring proposition that many cities have experimented, no scientific paper offer a comprehensive economic analysis to understand the expected effects of such a policy.

The results from transport economics suggest that free fare public transport in Paris is not able to significantly reduce congestion because it would have a low impact on the modal choice of car users. The case studies and simulations of transport models reach the same conclusions. They show that the effect of such a measure on congestion is very limited. In practice, only cities that also pursued other goals may have retained free fare policy.

It emerges from this analysis of the literature that reducing automobile pressure requires a change in the relative cost of using a car or public transport. To achieve this objective, various measures should be considered: taxing car owners or car users (urban toll is one way to achieve this goal), improving the quality of public transport to reduce crowding, reducing the space devoted to cars, promoting other transport modes.

Keywords : Public transport; congestion; Free-fare public transport; Paris

JEL codes : R41, R48

1. Introduction

En 2018, Anne Hidalgo, la Maire de Paris s'interrogeait sur l'opportunité de rendre les transports en commun (TC) gratuits à Paris pour lutter contre la pression automobile². Au-delà de la situation particulière de Paris, de nombreuses villes dans le monde s'interrogent sur la pertinence de la gratuité des TC. Cet article mobilise les outils de l'économie des transports ainsi que les études de cas réalisées sur des villes ayant expérimenté cette mesure pour évaluer son impact sur la congestion routière. Nous verrons qu'il existe, pour la plupart des expériences de gratuité recensées, différents objectifs (réduction des inégalités spatiales, meilleure efficacité des transports en commun, promotion de l'attractivité de certains territoires, etc.), mais la réduction des externalités de l'automobile fait toujours partie des objectifs poursuivis par les villes ayant expérimenté la gratuité totale. Malgré les nombreuses expériences de gratuité totale des TC dans le monde, avec l'expérience pionnière de Commerce, dans la banlieue de Los Angeles en 1962, il n'existe pas de revue de la littérature exhaustive qui permet d'évaluer la pertinence d'une telle mesure pour réduire la pression automobile. Cet article tente de combler ce manque. Des expériences de gratuité ont été conduites dans des villes aux tailles et aux caractéristiques très différentes et pour des motifs variés. De nombreuses villes ont fait marche arrière (Singapour, Templin, Hasselt, Colomiers, Commerce, etc.) alors que la mesure semble se pérenniser dans d'autres lieux (Tallinn, Aubagne, Compiègne, etc.).

La littérature académique portant spécifiquement sur les questions de gratuité est circonscrite et récente. Elle comporte essentiellement des études de cas. Elle est à mettre en regard d'une très abondante littérature en économie des transports qui a depuis longtemps établi les principes de la tarification optimale. Cette littérature nous enseigne deux éléments clés pour notre analyse. D'une part, les principes de tarification optimale des TC ne sont pas fondamentalement différents de ceux de la tarification de la route. D'autre part, quels que soient les objectifs recherchés par les décideurs publics, la tarification des TC ne peut et ne doit pas être pensée indépendamment de la tarification des autres modes de transport. C'est la raison pour laquelle cet article intègre la question de la gratuité des TC dans une réflexion globale sur la tarification des transports urbains.

Les enjeux de la gratuité ainsi que ses effets attendus sont nombreux. A cet égard, toutes les expériences de gratuité que nous avons identifiées visent, entre-autres, à réduire les externalités négatives liées à l'utilisation des automobiles. Les externalités le plus souvent étudiées sont la congestion automobile et la pollution, mais d'autres externalités négatives (risque d'accident, par exemple) peuvent aussi être réduites. Plusieurs objectifs sont généralement poursuivis de front : amélioration de l'accès à certaines parties de la ville (généralement le centre-ville), augmentation de l'attractivité de la ville, réduction des décalage spatiaux, amélioration de l'efficacité des transports publics, etc. Paradoxalement, c'est dans les villes où des objectifs initialement affichés comme « secondaires » sont atteints que la mesure est parfois maintenue alors que la majorité des villes qui ont expérimenté des mesures de gratuité totale y ont renoncé par la suite.

² Sauf si c'est précisé dans le texte, le terme « Paris » désigne l'aire urbaine de la ville qui dépasse largement les limites de la « Ville de Paris », mais qui ne couvre pas non plus toute l'Île-de-France. Par ailleurs, il existe actuellement des mesures de gratuité pour les jeunes de moins de 18 ans qui étudient et sont domiciliés à Paris ainsi que pour les plus de 65 ans et les personnes handicapées sous condition de revenu. L'idée de la Maire de Paris était d'étendre cette gratuité à tous les utilisateurs des TC. Elle ne distinguait pas la ville de Paris de son aire urbaine, c'est pourquoi nous traitons la question de manière similaire, sans insister sur les limites géographiques de cette proposition. La notion de « pression automobile » est celle utilisée par la Mairie de Paris. Elle fait référence aux externalités générées par l'utilisation de la voiture : la congestion, la pollution, le bruit, les risques d'accidents, etc.

D'après un rapport du Center for Economics and Business Research [2014], la congestion aurait coûté à la France plus de 22,5 milliards de dollars en 2013, dont 12,9 milliards de dollars en consommation d'essence et en temps perdu, et 9,6 milliards en coûts indirects (le climat des affaires étant rendu plus incertain). Rien qu'à Paris, ces coûts s'élèveraient à 11,7 milliards de dollars en 2013 (6,3 milliards en coûts directs et 5,4 milliards en coûts indirects), avec une projection à 60% de hausse entre 2013 et 2018, alors que la pollution n'est pas prise en compte. Au-delà de la France, de nombreux travaux ont essayé d'estimer la charge morte associée à la congestion automobile mise en évidence théoriquement par Pigou [1920]. Cette estimation n'est pas facile à réaliser car il ne suffit pas de mesurer le temps perdu en raison du ralentissement dû à la congestion, il faut aussi tenir compte des adaptations des navetteurs qui peuvent changer leurs itinéraires, leurs horaires ou leurs décisions de déplacements. De récents articles ont exploité des bases de données originales pour remédier à ces difficultés. Anderson et al. [2016] exploitent l'effet d'une politique de régulation de la circulation automobile en fonction du dernier numéro d'immatriculation à Pékin et la superstition associée au numéro « 4 » qui entraîne une hausse significative de la circulation les jours où ce numéro ne peut circuler. Akbar et Durantou [2017] ont montré, en utilisant des données provenant de Google Maps (en l'absence de congestion) que la perte sèche liée à la congestion est de l'ordre de 1% dans la ville de Bogota.

Les externalités environnementales constituent une autre conséquence directe du trafic routier. Knittel [2012] estime que le secteur des transports est responsable de 67% des émissions de monoxyde de carbone, de 45% des émissions de dioxyde d'azote et de 8% des émissions de particules fines. De ce point de vue, le volume de trafic n'est pas le seul responsable. La congestion joue également un rôle très important. Elle amplifie l'impact de la congestion sur le coût de transport des individus. Knittel et al. [2016] décomposent l'impact de la congestion en deux composantes. Premièrement, la congestion génère des variations de vitesse autour de la vitesse de rotation optimale du moteur. Deuxièmement, à rotation du moteur constante, la congestion du trafic augmente la durée du trajet et la pollution pour chaque kilomètre parcouru. Dans l'ensemble, cette étude trouve qu'une hausse d'un écart-type de la distance parcourue par des automobiles augmente la concentration en monoxyde de carbone de 1% d'un écart-type, et la concentration en particules fines de 3% d'un écart-type.

Haywood et Koning [2015] rapportent les coûts externes associés à différentes formes d'externalités en milieu urbain. Ils estiment que les externalités de congestion automobile sont de loin les plus élevées (43 centimes par kilomètre), devant les externalités liées aux accidents de la route (7 centimes par kilomètre), et sont très largement au-dessus des autres externalités liées à la pollution (2 centimes par kilomètre pour la pollution locale, 1 centime par kilomètre pour le bruit et 1 centime par kilomètre pour les émissions de gaz à effet de serre)³.

Cet article s'attache à évaluer la pertinence de la mise en place d'une mesure de gratuité généralisée des TC pour réduire la congestion automobile. Pour y parvenir, il est nécessaire de saisir les liens qui unissent ces deux dimensions. La gratuité des TC étant un cas particulier - extrême - de sa tarification. Avant d'étudier l'effet de la gratuité des TC sur la congestion routière, il est utile de présenter

³ Les chiffres associés aux externalités environnementales proviennent du « Handbook on estimation of external costs in the transport sector ». Pour les obtenir, les auteurs estiment l'impact monétaire du dommage causé par ces externalités sur les populations affectées.

succinctement la relation entre la disponibilité des TC et la congestion, ainsi que les externalités qui y sont associées.

De nombreux travaux se sont penchés sur les liens entre la disponibilité des TC et la congestion (Anderson, 2014 ; Adler et van Ommeren, 2016 ; Bauernschuster et al., 2017 ; etc.). Il ressort de cette littérature que s'il existe effectivement un lien fort entre la disponibilité de TC et la congestion, l'ampleur de ces liens est difficile à quantifier et dépend des conditions locales. Anderson [2014] exploite des épisodes de grève à Los Angeles pour estimer l'impact sur la distance et les temps de trajet d'une indisponibilité des TC. Il trouve un effet faible sur la distance totale parcourue mais important sur leur durée. Adler et van Ommeren [2016] étudient 13 épisodes de grève à Rotterdam (ville où la congestion est modérée) et trouvent que le temps de trajet augmente de 0.145 min/km pendant ces événements. Bauernschuster et al. [2017] étudient 71 épisodes de grève entre 2002 et 2011 en Allemagne. Le temps passé par les voitures sur la route augmenterait de 11 à 13% pendant ces épisodes.

Lorsqu'on s'intéresse aux externalités associées à la disponibilité (ou non) des TC, l'impact sur la pollution est le plus étudié. Des questions relatives aux liens entre TC et distribution spatiale des activités économiques a aussi été analysée.

Chen et Whalley [2012] montrent que l'ouverture d'un métro à Taipei a réduit de 5 à 15% la pollution au monoxyde de carbone et au protoxyde d'azote, mais quasiment pas la pollution à l'ozone et aux particules. Gendron-Carrier et al. [2018] montrent que la concentration en particules fines diminue de 4% dans un rayon de 10 kilomètres autour des centres-villes qui ont connu l'ouverture d'une infrastructure de métro (et ce de façon constante dans les deux mois qui suivent l'ouverture). En moyenne, les auteurs estiment que l'ouverture d'une infrastructure de métro permet d'éviter chaque année 9.4 décès infantiles, et 221 décès au total. Ils estiment notamment qu'une ouverture de métro permet d'économiser au total 594 millions de dollars par an. Bauernschuster et al. [2017] estiment que les épisodes de grève en Allemagne entraînent une hausse des émissions de particules fines de 14%, de 4% des émissions de dioxydes d'azote, et de 11% des admissions hospitalières de jeunes enfants atteints de troubles respiratoires. Tout ceci s'accompagne d'une hausse de 14% du nombre d'accidents impliquant des voitures, et de 20% des blessures liées à un accident de voiture.

Les TC ont été identifiés comme source de création de richesse et d'emplois (Monte et al., 2018 ; Mayer et Trévien, 2017 ; Bono et al., 2018) et affectent positivement le marché de l'immobilier (Gibbons et Machin, 2005 et Billings, 2011). Ils peuvent aussi réduire les décalages spatiaux en réduisant les inégalités géographiques d'accès à l'emploi. Si de nombreux travaux ont mis en évidence l'importance de la ségrégation spatiale sur le marché de l'emploi (Lemoine et Wasmer, 2010 ; Marinescu et Rathelot 2018 ; Gobillon et al., 2014), aucune étude n'a démontré le rôle causal qu'une amélioration des infrastructures des TC pouvait avoir pour réduire cette ségrégation.

Les solutions envisagées pour réduire l'engorgement et la pollution des villes passent par de nombreuses mesures qui doivent comprendre des formes de mobilités dites "douces". Cette analyse s'intéresse néanmoins essentiellement aux rapports entre TC et automobile. Ceci reflète une tendance lourde dans les contributions académiques sur le sujet.

D'un point de vue méthodologique, cet article propose une revue de la littérature qui permet de comprendre les enjeux de la mise en œuvre d'une politique de gratuité des TC pour réduire les externalités négatives de l'automobile. La section 2 présente les théories du choix modal des agents qui repose sur la comparaison des coûts généralisés des différents modes de transport. Elle a pour vocation de mettre en lumière les effets attendus de différentes politiques de transports (dont la gratuité) sur le choix modal des agents. La question de la tarification optimale des différents modes de transport est présentée dans la section 3. Les principaux résultats d'une méta analyse des études de cas sont rapportés dans la section 4 et les effets attendus d'une mesure de gratuité généralisée pour l'aire urbaine de Paris sont discutés dans la section 5. Les conclusions ainsi que les politiques qui pourraient être mises en œuvre pour réduire la pression automobile dans les villes sont présentées dans la section 6.

2. Le coût généralisé des transports : un concept-clé pour comprendre les choix modaux des individus

L'approche par le coût généralisé des transports constitue un élément central de cet article pour expliquer les effets attendus à court et long termes d'une mesure de gratuité des TC. Elle permet de mettre en lumière les forces qui poussent les agents à choisir un mode de transport plutôt qu'un autre afin de mieux comprendre les effets attendus ou observés de différentes politiques publiques de transport. D'autres approches existent. En particulier, certains chercheurs utilisent des modèles de transports pour simuler les effets attendus de différentes politiques. Ces modèles requièrent d'avoir accès à de nombreuses informations sur les comportements des agents pour modéliser leurs réactions à différentes politiques publiques. Les résultats de ces modèles seront présentés pour le cas de Paris, dans la section 5, mais ne font pas l'objet d'une présentation méthodologique détaillée dans cet article.

2.1. Chaque mode de transport implique des coûts monétaires et des coûts non-monétaires pour les individus

Comprendre l'impact des politiques de tarification des transports sur les choix modaux nécessite de comprendre les *motifs* pour lesquels les agents choisissent un mode de transport plutôt qu'un autre. La théorie économique suggère qu'ils choisissent, parmi plusieurs modes de transports, celui qui leur apportera l'utilité la plus élevée sous une contrainte budgétaire donnée. Il faut donc tenir compte des coûts auxquels font face les individus pour les différents modes de transport. Ces coûts comportent les coûts monétaires directs, mais aussi les coûts indirects. Le concept utilisé pour tenir compte de ces différents coûts est celui de coût généralisé des transports. En suivant Parry et Small [2009], nous pouvons écrire le coût généralisé de tout déplacement d'un individu utilisant un mode de transport j de la façon suivante :

$$CG_j = p_j + \alpha_j t_j + \beta_j w_j + \delta_j a_j + \gamma_j c_j + ext_j, \quad (1)$$

Où j désigne un mode de transport (voiture ou transports en commun) et p_j son prix monétaire. La valeur monétaire du temps passé dans le transport et le temps de transport sont donnés par α_j et t_j . La valeur monétaire du temps d'attente et le temps d'attente sont dénotés β_j et w_j . La valeur monétaire du temps d'accès au transport et le temps d'accès sont δ_j et a_j . La valeur monétaire de la saturation du mode de transport et le niveau de saturation sont donnés par γ_j et c_j ⁴. Enfin, ext_j

⁴ La saturation fait référence à l'encombrement « dans » le mode de transport considéré. On peut aussi parler de l'inconfort généré par la saturation. Elle ne doit pas être confondue avec la congestion du mode de transport

comprend la valeur monétaire de tous les coûts d'utilisation spécifiques au mode de transport : risques d'accidents, inconfort, coût du stationnement (qui comprend une partie monétaire et une partie non-monétaire, le temps de recherche d'une place de parking) ainsi que les déterminants sociaux liés à l'adoption d'un mode de transport par rapport à un mode alternatif.

Les composants de cette expression pour un réseau de transport comprenant à la fois des automobiles et des TC sont détaillés ci-dessous.

Le cas de l'automobile

Dans le cas de l'automobile (A), les temps d'accès et d'attente sont nuls et il n'y a pas de saturation au sein de l'habitacle. Par conséquent, l'équation (1) devient

$$CG_A = p_A + \alpha_A t_A + ext_A$$

où p_A désigne le coût d'utilisation d'une voiture (qui comprend les frais d'acquisition - correctement actualisés - les frais de carburant et les frais de maintenance).

Il est aussi utile de décomposer t_A , le temps de trajet en suivant Small et Verhoef (2007, p. 84) :

$$t_A = t_{FF,A} + t_{add,A}$$

Où $t_{FF,A}$ désigne le temps de trajet en l'absence de congestion (en "free flow") et $t_{add,A}$ désigne le surcroît de temps de trajet dû à la congestion.

Le coût généralisé de l'automobile est donné par :

$$CG_A = p_A + \alpha_A (t_{FF,A} + t_{add,A}) + ext_A \quad (2)$$

Le cas des transports en commun

Si le bus contribue à la congestion automobile, le métro ne le fait pas. Néanmoins, ces deux modes de transport ont des caractéristiques communes qu'il convient d'intégrer. Le coût généralisé associé aux TC est donné par :

$$CG_{tc} = p_{tc} + \alpha_{tc} t_{tc} + \beta_{tc} w_{tc} + \delta_{tc} a_{tc} + \gamma_{tc} c_{tc} + ext_{tc} \quad (3)$$

avec $tc = B$ pour le bus et $tc = R$ pour la rail.

Où p_{tc} désigne le tarif du trajet (quel que soit le mode de tarification), t_{tc} désigne le temps effectivement passé dans ce mode de transport, w_{tc} désigne le temps passé à attendre le mode de transport, a_{tc} désigne le temps perdu lors du chargement du mode de transport et c_{tc} désigne l'inconfort lié à la saturation du mode de transport.

Par ailleurs, certains modes de transport partagent la voirie avec les automobiles et subissent les conséquences de la congestion. Il s'agit des bus et trams⁵. Dans le cas de bus (B) qui sont dans la circulation, en plus des inconvénients liés à la congestion, ils doivent s'arrêter pour prendre et décharger des passagers, ce qui implique un temps de trajet supplémentaire dépendant du nombre de passagers présents dans le bus. Dès lors le temps de trajet devient :

qui fait référence au temps de transport additionnel engendré par le nombre d'usagers d'une infrastructure (route essentiellement).

⁵ Il est possible de leur épargner partiellement les problèmes de congestion intermodale s'ils bénéficient de sites propres, comme discuté dans David et Foucart [2014].

$$t_{tc} = t_B = t_{FF,B} + t_{add,B} + t_{arr,B}$$

où $t_{FF,B}$ désigne le temps de déplacement du bus en mouvement, lorsqu'il n'y a pas de congestion, $t_{add,B}$ désigne le temps additionnel dû à la congestion. On parle généralement de la congestion intermodale (de la voiture sur le bus). Enfin, $t_{arr,B}$ désigne le temps additionnel généré par les arrêts du bus pour embarquer et débarquer des passagers.

La décomposition est similaire pour le transport par rail (R) sauf qu'ils ne subissent pas la congestion intermodale :

$$t_{tc} = t_R = t_{FF,R} + t_{arr,R}$$

Les coûts de transport : une composante privée et une composante externe

La composante privée des coûts de transport correspond aux coûts supportés par un individu. Ils peuvent être monétaires (il faut payer pour le moyen de transport) ou non monétaires (se déplacer prend du temps, peut générer de l'inconfort, etc.).

La composante externe (les externalités) associée à l'adoption d'un mode de transport par un individu est de plusieurs types, et dépend du mode de transport :

Dans le cas de l'automobile, il s'agit essentiellement de la congestion routière (réduction de la vitesse moyenne, et augmentation des temps de trajet de tous les individus), de la pollution de l'air et des émissions de gaz à effets de serre, des risques d'accidents pour d'autres personnes et du bruit.

Dans le cas des TC, il existe aussi des externalités négatives. Les bus contribuent à la congestion routière (mais à un niveau « par utilisateur » inférieur à la voiture), alors que le métro ou le RER n'y contribuent pas. Les risques d'accidents et le bruit provoqués par chaque usager du bus et des transports en commun sont aussi présents mais à des niveaux largement inférieurs. Enfin, chaque utilisateur des TC, lorsqu'il monte dans un bus, métro ou RER, augmente le temps de trajet, d'attente et d'accès des autres passagers ainsi que sa saturation et donc, l'inconfort pour les autres usagers.

Ces externalités affectent une population plus large que les seuls utilisateurs du mode de transport en question. C'est notamment le cas de la pollution et des émissions de gaz à effets de serre. Comme nous allons le voir, la pollution augmente avec la congestion. Cette dernière est donc aussi source d'externalités qui affectent les agents au-delà des seuls utilisateurs de la voiture. C'est aussi le cas des accidents (qui peuvent affecter des individus en dehors des voies de circulation) et des nuisances sonores. La somme des coûts privés et externes associés à des décisions de transport constitue le coût social du transport.

2.2. Les coûts monétaires des transports : une composante relativement faible des coûts généralisés

Pour déterminer le choix modal d'un individu, on suppose que celui-ci compare les coûts associés aux différentes alternatives. Une importante littérature empirique a cherché à identifier et à quantifier les coûts généralisés des différents modes de transport. L'essentiel des travaux se sont concentrés sur la valeur du temps et, dans une moindre mesure, sur la valeur de la prévisibilité des temps de trajet jugés comme particulièrement importants. Small et Verhoef [2007] montrent qu'aux Etats-Unis, dans le cas de l'automobile, la valeur de la prévisibilité et du temps passé dans les transports représente 45% du coût social total des transports, contre 19% pour les coûts d'investissement dans les véhicules, 16% pour les coûts d'exploitation des véhicules et 16% pour les accidents.

Passer du temps dans les transports : un coût important mais dépendant de nombreux facteurs

La valeur du temps passé dans les transports est l'élément le plus étudié par la littérature sur le sujet. La plupart des études estiment que la valeur du temps passé dans les transports correspond à la moitié du salaire horaire brut (Small, 2012), avec des valeurs allant de 20% à 90% (Small et Verhoef, 2007). Ces valeurs varient néanmoins de façon importante selon plusieurs facteurs. Premièrement, le motif du trajet fait varier la valeur du temps de transport. Celle-ci est plus élevée pour les trajets professionnels que pour les trajets de loisir. Deuxièmement, les individus plus aisés ont une valeur du temps de transport plus élevée, mais cette hausse est moins que proportionnelle. Selon Small et Verhoef [2007], les valeurs d'élasticité sont de l'ordre de 0,5 à 0,8. Troisièmement, la valeur du temps est plus élevée en situation de saturation (d'environ 25% à 55% d'après Small, 2012), et environ deux fois plus faible à l'intérieur d'un véhicule qu'à pied, en attente d'un véhicule ou en transit. Par ailleurs, la valeur du temps augmente avec la durée, et donc la distance, du trajet. Quatrièmement, même si peu d'études sont parvenues à démêler les effets provenant des *utilisateurs* de différents modes de transport - ceux qui préfèrent prendre le bus n'ont pas les mêmes caractéristiques que ceux qui prennent le métro - et les effets provenant des *modes de transport* eux-mêmes (chaque mode offrant des conditions de trajet et de confort différentes). Wardman [2004] estime que les valeurs du temps passé en voiture ou sur le rail sont inférieures à celle du temps passé en bus. En revanche, la valeur du temps des individus utilisant de façon prédominante la voiture et le rail est supérieure à celle des individus utilisant de façon prédominante le bus (la valeur du temps des individus utilisant surtout les réseaux ferrés étant même estimée comme supérieure aux deux autres modes par Wardman, 2004).

Shires et de Jong [2009], dans une méta-analyse sur plusieurs pays, estiment que la valeur de chaque heure passée dans les transports en France en 2003 était d'environ 22€ en bus et 28 € en voiture et train pour les trajets d'affaire (moyennes européennes respectives : 19 et 24) ; 10 € en bus et 12 € en voiture et train pour les trajets professionnels quotidiens (moyennes européennes respectives : 9 et 11) et 8 € en bus et 11 € en voiture et train pour les autres trajets (moyennes européennes respectives : 6 et 9).

Arriver à l'heure et connaître ses horaires de trajets : une préoccupation importante

La valeur de la fiabilité est encore plus difficile à mesurer que celle du temps. Les études divergent sur les ordres de grandeur relatifs de ces mesures. Dans une méta-analyse, Li et al. [2010] trouvent que le ratio de la valeur de la fiabilité (pensée comme une mesure de déviation moyenne par rapport au temps d'arrivée prévu) par rapport à la valeur du temps est située entre 0.8 et 1.3, et qu'elle est plus élevée pour les transports en commun que pour l'automobile (Small, 2012).

Une hypothèse fréquemment avancée est celle de coûts asymétriques de l'avance, du retard et du temps passé dans les transports. Les chercheurs postulent souvent des préférences telles que le coût d'arriver en avance est deux fois plus faible que la valeur du temps passé dans les transports, et telles que le coût d'arriver en retard est deux fois plus élevé que le temps passé dans les transports (Anderson et al., 2016). Dans une étude sur Bangalore, Kreindler [2018] montre que le coût lié au fait d'arriver en avance est bien plus faible que la valeur du temps passé dans les transports (ici la magnitude est d'un facteur 4).

Le confort du trajet : un critère-clé

Les effets de la saturation sont particulièrement coûteux pour les passagers des transports en commun. Wardman et Whelan [2011] estiment qu'en Angleterre, le ratio des désutilités marginales entre des transports bondés et non-bondés (aussi appelé multiplicateur temporel) est de 1.19 pour

des places assises et de 2.32 pour des places debout (ces ratios augmentant fortement avec le niveau de saturation des transports). Cela signifie que comparé à une situation sans saturation des TC, voyager assis dans une rame saturée induit un surcoût de 19% alors que voyager debout dans cette même situation induit un surcoût de 132%. Li et Rose [2010] trouvent des valeurs similaires allant de 1.34 à 2.10. Debrincat et al. [2006] ont évalué que les voyageurs parisiens seraient prêts à passer 5 à 20 minutes de plus dans les transports pour ne pas avoir à voyager debout (cet effet dépendant fortement du niveau de saturation des transports en commun).

Haywood et Koning [2012] trouvent qu'en période de pointe les usagers de la ligne 1 du métro seraient prêts à passer entre 5.7 et 8.1 minutes de plus dans les transports afin de voyager dans les mêmes conditions qu'aux heures creuses. Cela suggère que le coût de la congestion des transports en commun pour ces utilisateurs est entre 1.01 et 1.46 €, soit le double du prix moyen payé pour un trajet en Ile-de-France (qui est de 50 centimes d'€). Le multiplicateur temporel associé est d'environ 1.3-1.4. Kroes et al. [2013] trouvent des valeurs relativement similaires avec, pour le métro, le train et le RER, des multiplicateurs de 1 à 1.39 pour les places assises et de 1.27 à 1.55 pour les places debout. Pour le bus et le tramway, ces multiplicateurs sont de 1 à 1.5 pour les places assises, et de 1.34 à 1.72 pour les places debout. Haywood et Koning [2015], en étudiant les passagers des lignes 1 et 4 du métro parisien, trouvent des multiplicateurs temporels moyens de 1.34.

Haywood, Koning et Prud'homme [2018] estiment que les coûts généralisés de transport des individus sont fortement affectés par la saturation des transports en commun et que cela entraîne des pertes de bien-être pour l'ensemble de la société. Ils estiment ainsi que la fréquentation du métro parisien dépasse de 9% son niveau optimal. Bien que la perte de bien-être associée ne corresponde qu'à 0.9% des coûts totaux de transport des utilisateurs, les auteurs estiment qu'une hausse de 20% des utilisateurs du métro provoquerait une baisse de bien-être de 60%.

Une importante hétérogénéité entre agents

Comme expliqué ci-dessus, la valorisation de temps peut varier entre individus hétérogènes. David et Foucart [2014] introduisent un paramètre d'hétérogénéité pour décrire théoriquement le comportement des agents qui proviendrait d'une préférence intrinsèque pour un mode de transport ou un autre. Lorsqu'on s'intéresse à Paris, il est évident que toutes les localisations (de résidence et d'emploi) ne sont pas homogènes en termes d'accessibilité en TC. Au-delà des préférences des individus, leur localisation les rend hétérogènes quant à la possibilité de substituer leurs modes de déplacements par un autre mode. Par ailleurs, comme nous l'avons vu ci-dessus, plus le temps passé dans les TC est important plus la valeur du temps est élevée. Ceci renforce l'hétérogénéité spatiale des agents. Certains ne peuvent tout simplement pas changer leur mode de transport car les coûts qui y sont associés sont trop importants.

2.3. La gratuité des transports en commun induirait une réduction relativement faible des coûts généralisés des transports publics

Comme discuté ci-dessus, une réduction à zéro du tarif des transports en commun, bien qu'importante d'un point de vue monétaire et symbolique, est susceptible de représenter une variation relativement faible du coût généralisé des transports pour les individus. En effet, comme mis en évidence ci-dessus, ce n'est pas tant le coût monétaire des TC que le temps et le confort du déplacement ainsi que la disponibilité et la ponctualité des TC qui déterminent son utilisation. La question de la valorisation monétaire de ces déterminants non-monétaires est aussi cruciale dans le choix d'un mode de transport ou d'un autre.

Evaluer le coût généralisé du transport est un exercice périlleux et qui peut mener à des résultats très différents dans des villes différentes en raison des particularités du contexte local (prix des TC, qualité des infrastructures, saturation des TC, ponctualité, congestion routière, etc.). Un calcul simple (basé sur les chiffres de Bailly et al., 2018, et qui est détaillé dans l'analyse de Paris, section 5.1) permet d'estimer que le coût monétaire moyen d'un trajet à Paris s'élève à 50 centimes d'€. Sur base des estimations réalisées par Haywood et Koning [2015] pour les lignes 1 et 4 du métro parisien et d'après les calculs de David et al. [2018] (pp.34-35) ce coût monétaire d'un trajet dans le métro parisien représente approximativement 16% du coût associé au temps passé dans une rame de métro alors que de nombreuses composantes du coût généralisé ne sont pas pris en compte : temps d'attente, d'accès, incertitude, etc. Ceci suggère que le coût monétaire des TC représente une partie relativement faible des coûts généralisés.

Ce résultat est obtenu en équilibre partiel et peut paraître optimiste. En effet, une diminution du coût monétaire pourrait induire une hausse des coûts associés aux changements de comportement des agents qui pourraient affecter non seulement le coût généralisé de chaque utilisateur mais plus généralement le coût social des transports. En effet, si une mesure de gratuité rendait les transports en commun plus attractifs, leur congestion augmenterait, réduisant l'effet net de la mesure. Ces éléments, ainsi que les coûts qu'une telle politique ferait porter aux finances publiques seront discutés en détail pour Paris.

A ce stade, il faut garder à l'esprit que cette politique de gratuité n'affecte que modérément le coût généralisé de l'utilisation des TC puisqu'en négligeant les coûts relatifs à l'accès aux TC, à l'attente et à l'incertitude, cette gratuité ne représenterait que 16% du coût généralisé d'utilisation du métro.

3. Quel est le juste prix des transports en commun ?

Les principes de tarification des transports énoncés par l'économie des transports tiennent compte de deux caractéristiques des transports en commun (Vickrey, 1980 ; Small and Verhoef, 2007 ; Nelson et al., 2007 ; Parry and Small, 2009) : les économies d'échelle dont ils font l'objet et la nécessité de pousser les agents à internaliser les externalités qu'ils génèrent à travers leurs choix modaux.

3.1. Les transports en commun sont sujets à des rendements d'échelle croissants

Les TC ont ceci de particulier que le coût de fourniture du service décroît avec le nombre de passagers. Ces économies d'échelle ont deux origines : les opérateurs et les utilisateurs. Pour les opérateurs, mettre en place un service de TC est très coûteux, et engendre des frais fixes (qu'il s'agisse de l'investissement initial, ou de la maintenance des voies, des trains et des stations). Dès lors, pour un niveau de service donné, le coût associé à l'ajout d'un passager supplémentaire est bien plus faible que le coût moyen pour chaque passager utilisant le service (c'est-à-dire le seuil de rentabilité pour l'opérateur).

Pour les voyageurs, une hausse de la fréquence des transports en réponse à une augmentation du nombre de voyageurs, permet de réduire le coût généralisé du transport pour tous les autres voyageurs, en réduisant leur temps d'attente.

Les deux sources d'économies d'échelles énoncées ci-dessus justifient que les TC bénéficient de subventions. Le niveau de ces subventions dépend du contexte particulier de l'infrastructure et de la ville considérée, mais elle doit viser à pousser les agents à internaliser les externalités positives que leur utilisation génère sur tous les autres utilisateurs.

3.2. Internalisation des externalités générées : la tarification des transports en commun ne constitue qu'une solution de second rang aux externalités automobiles

Le second principe a trait aux effets externes des transports. En effet, lorsqu'il décide de son mode de transport, chaque voyageur affecte, par sa décision, le bien-être de ses concitoyens. Ces effets peuvent être positifs comme négatifs, mais ils ne sont pas nécessairement pris en compte par les individus au moment de leur prise de décision. Les externalités les plus largement discutées par l'économie des transports sont les externalités négatives ayant trait à l'automobile : essentiellement la congestion, et, dans une moindre mesure, la pollution et les accidents de la route.

Dans l'idéal, la tarification de chaque mode de transport devrait viser à internaliser les externalités qu'il produit. Pour y parvenir, chaque mode de transport devrait être tarifé de sorte que son coût marginal privé corresponde à son coût marginal social. Il s'agit de promouvoir les effets externes positifs à travers des subventions et réduire les effets négatifs à travers des taxes à l'utilisation. Actuellement, la tarification de l'automobile est très inférieure à ce qui est recommandé par la théorie économique. Ceci s'explique, en partie, par l'impopularité de telles mesures (Small, 2005, ou Kilani et al., 2014, pour le cas de Paris). En conséquence, le nombre de voitures sur la route est largement supérieur à l'optimum social. Dans ce cadre, tarifier les transports en commun en-dessous de leur coût marginal peut être considéré comme une solution de second-ordre permettant de réduire les effets néfastes de l'automobile. La contribution pionnière dans ce domaine provient de Glaister [1974] qui a montré qu'il était optimal de tarifier les transports en commun en-dessous de leur coût marginal pour compenser l'absence (ou l'insuffisance) de tarification de l'automobile.

La valeur et la pertinence d'une telle tarification dépendent de deux facteurs-clés (Small et Verhoef, 2007). Premièrement, la valeur relative de l'élasticité-prix de la demande de transport et de l'élasticité-prix croisée du trafic automobile par rapport aux prix des transports en commun. Crozet et al. [2019] rapportent des élasticités-prix de la demande de transports collectifs de -0.3 à -0.4 à court terme pour atteindre -0.5 à -0.6 à plus long terme.

En particulier, si la demande pour le transport automobile n'évolue que peu lorsque le prix des transports évolue, baisser le prix des transports en-dessous de leur coût marginal social aura peu d'effet sur les externalités produites par l'automobile. Deuxièmement, si l'automobile est tarifée à son coût marginal social, la tarification des transports en commun n'a plus pour rôle d'internaliser les externalités de l'automobile. La tarification optimale des transports en commun devrait alors se faire à son coût marginal social.

En somme, la voiture devrait être taxée à un niveau largement supérieur à son niveau actuel. D'après Rapoport et al. [2018]⁶, page 124, un véhicule diesel circulant en milieu urbain très dense en France

⁶ Tous les chiffres de ce paragraphe utilisent la valeur tutélaire du carbone pour 2015 : 42 €/2015/tCO₂.

induit des coûts externes de l'ordre de 41 c€2015/passager.km (32.4 c€ pour un véhicule essence), parmi lesquels 25.5 c€ pour la congestion et 11.2 c€ pour la pollution locale, 3.1 c€ pour les accidents, 0.6 c€ pour les émissions de CO₂, 0.5 c€ pour l'usure de l'infrastructure et 0.1 c€ pour le bruit. Ces valeurs sont à comparer aux prélèvements qui s'élèvent à 2.9 c€2015/passager.km (4.3 c€ pour un véhicule essence). Autrement dit, les automobilistes ne supportent que 7% à 13% des coûts externes qu'ils génèrent. A titre de comparaison, les coûts externes des TC (hors coûts d'opération) en Île-de-France étaient évalués à 0.39 c€2009/passager.km pour le métro et le RER et à 8.25 c€ pour le Bus⁷.

Pour finir, un troisième argument est que les transports en commun peuvent favoriser la mobilité des personnes les moins privilégiées, en leur facilitant notamment l'accès à l'emploi. Cet effet ne peut pas être exclu mais, à notre connaissance, aucune recherche n'aurait trouvé d'incidence du prix du transport urbain sur l'emploi. En revanche, les liens entre emploi et transport urbain ont été étudiés. Il apparaît que ce serait surtout l'accessibilité (mesurée par le temps de transport entre la zone de résidence et la zone d'emploi) qui serait déterminante. Sans s'intéresser directement à la question du prix du transport, Jayet et Aboukacem [2019] trouvent que la diminution du coût généralisé du transport, consécutive à la construction du Grand Paris, pourrait réduire le chômage dans la Région Parisienne de 3 points de pourcentage.

3.3. Les défis de la tarification des transports ?

Si les principes énoncés ci-dessus sont relativement simples, leur mise en œuvre concrète se heurte à de nombreux défis. Dans certains cas, les TC peuvent eux-mêmes avoir des caractéristiques qui vont contre les arguments avancés précédemment.

Premièrement, les TC peuvent également générer des externalités. En particulier, ils contribuent à créer de la congestion et de la pollution (singulièrement pour les bus). Deuxièmement, l'utilisation des TC est source d'effets de saturation en leur sein. Plus les transports sont pleins, plus le temps de montée et de descente du véhicule augmente, et la probabilité d'avoir à attendre la navette suivante également (Turvey et Mohring, 1975), ce qui pourrait justifier une tarification en fonction du taux de remplissage des véhicules. Nous avons aussi vu, ci-dessus, à quel point la saturation au sein des TC augmente le coût généralisé pour les utilisateurs. Cette saturation dépend, de façon cruciale, de la contrainte de capacité du réseau. L'effet Mohring (l'efficacité de l'infrastructure augmente avec le nombre d'utilisateurs) nécessite que l'infrastructure permette d'augmenter les fréquences. Si ce n'est pas le cas, le seul effet associé à la hausse du nombre d'utilisateurs est une plus grande saturation de l'infrastructure. Il s'agit d'un paramètre clé qui permet de distinguer les effets attendus à court, moyen et long terme, des politiques de tarification des transports. S'il est important de considérer l'impact immédiat d'une modification du prix des transports en commun (à réseau donné), il est également crucial d'envisager ses effets à long terme, en cas de modification du réseau.

Difficulté supplémentaire, l'importance relative de chacun de ces facteurs n'est pas la même à chaque moment de la journée, dans chaque endroit, et pour chaque mode de transport. Dès lors, au-delà du niveau de la tarification, la structure de la tarification est aussi importante (Small et Verhoef, 2007). Cette structure optimale de la tarification a été étudiée par de nombreux auteurs. Par exemple, Tirachini et Hensher [2012] suggèrent que l'importance relative de la pollution par rapport à la

⁷ Les coûts externes des TC comprennent les coûts environnementaux, ceux relatifs à l'insécurité et à la congestion pour les bus. C'est ce dernier poste qui est à l'origine de la différence entre bus et métro. Les avantages externes (l'externalité de réseau n'est pas explicitement prise en compte dans ce rapport).

congestion a des chances d'être bien plus faible en heure pleine (où la congestion est particulièrement saillante) qu'en heure creuse. Parry et Small [2009] estiment que les effets de congestion ont plus de chance d'être saillants en heure pleine, alors que ceux des rendements d'échelle ont plus de chance d'être saillants en heure creuse. Mais l'étude des structures de tarification en fonction du mode de transport, du moment ou du lieu est difficile en raison des mécanismes de substitution complexes entre les modes de transports, les moments de la journée et les lieux de déplacements.

Enfin, les subventions provoquent non seulement de la substitution entre modes, mais également des distorsions fiscales et des effets d'équilibre général difficiles à intégrer dans l'analyse. La gratuité des transports en commun a un coût. Comme le rappellent Parry et Small [2009], le subventionnement des transports en commun peut impliquer une taxation plus élevée dans d'autres secteurs de l'économie (qu'il s'agisse des ménages ou des entreprises) et entraîner des pertes d'efficacité, par exemple en réduisant la profitabilité des entreprises ou en réduisant l'offre de travail des individus. Au contraire, la baisse du prix des transports peut augmenter le salaire réel des travailleurs, et donc leur incitation à travailler efficacement. Enfin, la baisse potentielle de congestion peut réduire le coût généralisé des transports pour les individus, augmentant ainsi leur offre de travail. Le croisement de ces effets peut être synthétisé dans la notion de coût marginal des fonds publics (représentant le coût social associé au fait d'augmenter la dépense publique). Le montant des subventions à allouer aux TC dépend de façon cruciale de ce coût marginal, déterminé par un multiplicateur des dépenses publiques dont les évaluations varient considérablement, de 1.15 (Parry et Small, 2009) à 1.5 (comme le proposait le Plan en 1985, d'après Bureau, 2011, et comme l'estiment Kleven et Kreiner, 2006). Pour résumer, mobiliser un euro de fond public aurait un coût pour la société sensiblement supérieur à cet euro (d'un facteur de 1.15-1.5).

Pour terminer, peu de travaux ont pris en compte les mobilités alternatives (notamment le vélo et la marche à pied) sur la tarification optimale des TC (Tirachini et Hensher, 2012). Or, comme nous allons le voir, de nombreuses évaluations empiriques suggèrent que la baisse du tarif des transports en commun attire non seulement des automobilistes, mais également (et parfois surtout) des cyclistes et des marcheurs.

4. Les expériences de gratuité des transports publics dans le monde et leurs résultats

A titre illustratif, le site Internet <https://freepublictransport.info> rapporte une liste de 154 villes dans le monde qui offriraient une partie de leurs services de TC gratuitement. Les caractéristiques de la gratuité rapportées sur ce site ainsi que la grande diversité dans le type de ville qu'on y retrouve⁸ ne nous permet pas vraiment d'exploiter cette liste. Elle a néanmoins le mérite d'exister.

Le rapport Rapoport [2018] rapporte une étude menée par la DG Trésor de juin 2018 pour lequel six pays ont été sondés par leurs services internationaux (Australie, Chine, Estonie, Etats-Unis, Royaume

⁸ Ce site liste indistinctement des villes qui ont rendu gratuit de toutes petites parties de leurs réseaux de transport, d'autres qui ont rendu gratuit leur infrastructure pour certaines populations seulement, celles qui ont abandonné cette mesure ainsi que des situations tout-à-fait particulières comme certaines stations de ski. La liste semble être alimentée de manière spontanée par des militants.

Unis et Singapour) pour connaître les villes de plus de 300.000 habitants qui auraient mis en place des mesures de gratuité (totale, temporaire ou partielle). Un questionnaire qui vise à évaluer les effets observés permet d'identifier les objectifs et les effets de la mesure. Le tableau 1 synthétise les résultats rapportés par cette recherche. Il apparaît que rien que dans ces six pays, plus de 25 villes ont mis en place des mesures de gratuité. Il est néanmoins étonnant de constater que seule Talinn a fait l'objet d'études scientifiques pour évaluer les effets de la mesure et seules quelques villes ont pris la peine d'évaluer l'effet de cette mesure sur la fréquentation des TC. La plupart du temps, il s'agit de constater que la fréquentation des TC a augmenté, mais il n'est pas possible de savoir d'où provient cette augmentation (nouveaux déplacements ou report modal depuis les modes actifs et/ou passifs).

Tableau 1. Synthèse de l'enquête Internationale de la DG Trésor auprès de 6 pays sur la gratuité des transports publics dans des villes de plus de 300.000 habitants

Pays / villes	Caractéristiques	Résultats rapportés
Australie - toutes les villes du Queensland	Gratuité pour certains publics : PMR, enfants de moins de 4 ans, séniors au-delà de 2 trajets par jours payés	Aucune évaluation scientifique
Chine - Chengdu - Huairan - Changning - Dongming - Yangxing - Taiyuan - Cangzhou & Hengshui	8.7 millions hab. – 2012-... - certaines lignes 190.000 hab. - 2012-... - Bus du centre-ville gratuits 406.000 hab. - 2008-... – 3 lignes 280.000 hab. - 2017-... - 6 lignes étendues à 3 autres lignes de bus 156.000 hab. - 2018-... - 5 lignes 3.6 millions hab. - quelques jours pour examens d'entrée aux universités et lycées 598.000 & 466.000 hab. – novembre 2017 à mars 2018, pendant la période de chauffage pour lutter contre la pollution atmosphérique	Augmentation de la fréquentation des TC mais absence d'études scientifiques permettant de documenter ces résultats et de comprendre d'où provient ce report modal
Estonie - Talinn	300.000 hab. – 2013-... – Objectifs affichés: justice sociale, stimuler l'économie du centre-ville, réduction de la circulation automobile	Hausse de la fréquentation des TC provenant essentiellement des modes de transport doux. Légère baisse de l'utilisation de l'automobile privée. Hausse de l'attractivité du Centre-Ville. Ces résultats sont présentés dans la synthèse de la méta-analyse rapportée dans cet article.
Etats-Unis - Baltimore - Boston - Columbus - Denver - Kansas City - Miami - Pittsburgh - New-York City - Washington - Portland - Seattle	Toutes ces villes ont des mesures de gratuité très limités dans l'espace (centre-ville, centre-ville vers l'aéroport, une ligne de ferry, un tramway touristique, etc.) 1975-2012 – gratuité en centre-ville 1973-2012 – gratuité en centre-ville	Aucune étude d'impact de la mise en place ou de l'abandon de mesure de gratuité n'a été rapportée. La fréquentation des TC a généralement augmenté mais la source de cette augmentation (report modal depuis les différents modes alternatifs ou nouveaux déplacements) n'a pas été documentée. Abandonné en raison de coupes budgétaires – effets non étudiés
Royaume-Uni - Londres - Sheffield - Manchester	Gratuité pour les personnes âgées, les vétérans, les PMR et les jeunes Gratuité sur certaines lignes reliant les gares entre elles	Les études réalisées sur ces expériences suggèrent que ces mesures n'ont pas eu d'impact sur la congestion automobile, mais qu'elles pourraient avoir amélioré l'inclusion sociale. Le retour sur investissement serait aussi très positif (chaque unité monétaire dépensée aurait rapporté 2,87 unités).
Singapour	2013-2017 Gratuité pour les trajets en métro très tôt le matin (arrivée en centre-ville avant 7:45)	L'objectif principal de la mesure était de diminuer la pression sur les TC aux heures de pointe. Les

		effets de la mesure ont fait l'objet d'un suivi par le <i>Public Transport Council</i> chargé de formuler des recommandations en termes de tarification des TC. La mesure a été remplacée par un tarif plus faible tôt le matin avant d'être tout à fait abandonnée en 2018.
--	--	--

Nous avons réalisé une méta-analyse de la littérature sur la gratuité des TC pour rendre compte de ce qu'on sait des effets d'une telle mesure. La recherche bibliographique comportait deux facettes. La première a consisté à mettre ensemble tous les travaux dont nous avons connaissances ou qui sont cités dans les travaux que nous avons exploités. La seconde a consisté à réaliser des recherches systématiques sur les principales plateformes scientifiques internationales et françaises. Les mots clefs thématiques étaient : « fare free public transport », « fare policy case study », « mode split case study », « pricing policy case study » et « gratuité des transports ». Les mots clés par localité sont « Hasselt case study », « Templin case study » et « Aubagne gratuité ». Les plateformes scientifiques mobilisées sont « Scopus », « Google scholar », « Cairn.info » et « OpenEdition ». L'intégralité de l'index de la revue « Case Studies on Transport Policy » a aussi été analysé.

Cette méta analyse peut être consultée dans David et al. [2018]. Elle a été actualisée en mars 2021⁹. Les principaux résultats sont les suivants. Premièrement, sur les 478(+28) références identifiées, seuls 27(+9) articles ont étudié les effets d'un cas concret de mise en œuvre d'une politique de gratuité dans un contexte urbain. Parmi ces 27(+9) articles, 10(+7) articles étudient des cas de gratuité totale et 17(+2) de gratuité partielle (généralement pour les jeunes ou les personnes âgées). Deuxièmement, alors qu'on recense une centaine d'expériences de gratuité totale dans le monde, la littérature scientifique (internationale en particulier) se concentre principalement sur 4 villes : Tallinn, Aubagne, Templin et Hasselt.

Cette démarche a permis de mettre en évidence la nécessité de juger les effets des expériences de gratuité à l'aune de leurs objectifs initiaux qui sont variables : réduction des inégalités spatiales, de la pollution et de la congestion, promotion de l'attractivité territoriale ou encore amélioration de l'efficacité des transports urbains. Par conséquent, même s'il est toujours intéressant de s'interroger sur l'impact que ces mesures ont eu sur la congestion, il est indispensable de confronter chaque expérience à ses objectifs pour en estimer la pertinence. Cet exercice est synthétisé dans le tableau 2.

⁹ Pour permettre au lecteur de distinguer les résultats de 2018 et ceux actualisés, les nouvelles références (postérieures à mars 2018) sont indiquées entre parenthèses.

Tableau 2. Synthèse des études de cas de mesures de gratuité mises en œuvre en fonction des objectifs poursuivis affichés par les décideurs publics

Objectif poursuivi	Cas d'étude	Mesures mises en œuvre et période	Résultats	Références
Réduction des inégalités socio-spatiales dans la mobilité urbaine	Communauté d'agglomération d'Aubagne, France [territoire périurbain]	Gratuité totale depuis 2009	Manque d'indicateurs empiriques dans la littérature – difficile à évaluer	Kębłowski, 2018a
	Ville de Tallinn, Estonie [capitale nationale]	Gratuité totale depuis 2013	Manque d'indicateurs empiriques dans la littérature – difficile à évaluer	Cats et al., 2014 & 2017 ; Hess, 2017 ; Galey, 2014
Réduction de la pollution et de la congestion urbaine	Ville de Hasselt, Belgique [capitale provinciale]	Gratuité totale de 1997 à 2013	16% des nouveaux déplacements en transports en commun remplacent des déplacements en voiture	van Goeverden et al. 2006; Brie, 2018
	Ville de Tallinn, Estonie [capitale nationale]	Gratuité totale depuis 2013	-3 % de la part modale de la voiture dans les déplacements urbains	Cats, 2014 & 2017 ; Hess, 2017 ; Galey, 2014
Réduction d'autres externalités automobiles	Ville de Templin, Allemagne [ville thermale]	Gratuité totale de 1997 à 2003	Réduction des accidents de la route	Storchmann, 2003 ; Dellheim, 2018
Promotion de l'attractivité territoriale	Ville de Tallinn, Estonie [capitale nationale]	Gratuité totale depuis 2013	Enregistrement de 10.000 nouveaux résidents et élargissement de la base fiscale de la ville. Apparition d'externalités négatives à l'extérieur du périmètre concerné	Cats, 2017 ; Hess, 2017 ; Galey, 2014 ; Kębłowski et al., 2019 ; Gabaldón-Estevan et al., 2019
	Ville de Hasselt, Belgique [capitale provinciale]	Gratuité totale de 1997 à 2013	Contribution à la revitalisation du centre-ville	van Goeverden et al., 2006; Brie, 2018
	Communauté Urbaine de Dunkerque, France [territoire en transition post-industrielle]	Gratuité totale introduite en 2018	Indicateurs empiriques à construire – pas d'évaluation disponible	Briche et Huré, 2017
Promotion de l'efficacité du système de transports urbains (mesure souvent prise lorsque l'infrastructure TC est peu utilisée et chère à exploiter)	Ville de Chateauroux, France [ville moyenne]	Gratuité totale introduite en 2001	+100% de fréquentation des transports en commun sur 5 ans	Cordier, 2007
	Comté de Hawaii, USA [département]	Gratuité totale partout dans le Comté entre 2005 et 2011	+205% de fréquentation des transports en commun sur les 6 ans	Volinski, 2012
	Ville d'Austin, USA [capitale régionale]	Expérimentation de gratuité totale en 1989-1990	+70% de fréquentation des transports en commun	Fareless Transit System Research Work Group, 1996
	Frýdek-Místek, Tchéquie et 19 communes environnantes [ville petite]	Gratuité totale pour les résidents depuis 2011	Augmentation progressive du nombre d'utilisateurs de transports en commun.	Štraub , 2020 ; Štraub et Jaroš, 2019
	Communauté Urbaine de Dunkerque, France [territoire en transition post-industrielle]	Gratuité totale depuis 2018	+85% de fréquentation entre 2017 et 2019 dont 24% déclarent qu'ils auraient utilisé la voiture auparavant	Huré et Javary, 2020

Il ressort de cette méta analyse que la plupart des expériences ont permis d'augmenter sensiblement la fréquentation des transports en commun, mais les effets sur les objectifs de développement durable et de réduction de l'utilisation de la voiture sont très modestes. Ce sont souvent des reports modaux depuis d'autres modes de transports (marche ou vélo) ainsi que de nouveaux déplacements qui expliquent cette hausse de fréquentation des transports en commun. A Tallinn, Cats et al. [2017] estiment que la part de marché des transports en commun a augmenté de 8% (dont seulement 3% provient de l'automobile). Ce chiffre doit être mis en balance avec la hausse de la part de marché de 17% de la voiture entre 2003 et 2015 (Hess, 2017). Les études sur Aubagne, Templin et Hasselt arrivent à des résultats similaires. Kębłowski (2018a) estime qu'Aubagne a observé « seulement un petit report modal ». Storchmann [2003] qualifie le report modal observé à Templin de « minimal » et Brie [2018] estime que « le projet [de la gratuité] n'a pas été à même d'atteindre un vrai changement environnemental et social de par un décalage des approches des individus à la mobilité » en parlant de l'expérience de Hasselt. En lien avec ces résultats, Crozet et al. [2019] rapportent des augmentations très significatives de la fréquentation des réseaux d'Aubagne (+150% entre 2008 et 2013) et de Châteauroux (+133% entre 2001 et 2005) suite à la mise en oeuvre de la gratuité et plus modestes pour Gap (où près de 90% des voyages étaient déjà réalisés avec des titres gratuits) et Vitré (dont la petite taille et les caractéristiques de l'offre de transport rendent la comparaison hasardeuse).

D'autres effets associés à la gratuité des transports en commun ont été documentés. L'un de ceux que l'on retrouve le plus souvent concerne l'attractivité territoriale des villes. Dans le cas de Tallinn, la mesure de gratuité aurait convaincu 10.000 habitants temporaires à s'enregistrer comme résidents (Cats et al., 2017). Ce serait d'ailleurs cet effet qui aurait rendu la gratuité des transports de cette capitale soutenable financièrement (Hess, 2017). Une hausse de l'attractivité de la communauté d'agglomération d'Aubagne semble aussi avoir été observée (Kębłowski, 2018b). Enfin, Brie [2018] estime que la gratuité a eu un effet positif sur l'attractivité territoriale du centre-ville d'Hasselt. De manière plus marginale, Galey [2014] estime que cette mesure de gratuité aurait eu des effets redistributifs au profit des quartier moins favorisés à Tallinn.

Comme exposé ci-dessus, de nombreuses villes dans le monde ont expérimenté des mesures de gratuité totale de leurs transports en commun, mais la plupart d'entre elles en sont revenues. Aucune de ces expériences n'a permis de mettre en évidence un effet suffisamment important sur la pression automobile pour maintenir la mesure. C'est donc généralement lorsque d'autres objectifs étaient poursuivis ou lorsque des effets collatéraux pas toujours visés au départ ont été atteints que de telles mesures ont été maintenues (comme cela semble être le cas à Tallinn). De plus, en filigrane des travaux recensés, il semble que les villes qui ont conservé cette mesure de gratuité sont des villes de taille moyenne à petite pour lesquelles l'infrastructure de transport en commun était très sous-utilisée et où le coût de la gratuité était finalement assez faible eu égard aux faibles recettes et aux coûts élevés associés à la vente des tickets et au contrôle des utilisateurs.

5. Quels effets envisager pour Paris ?

Pour envisager les effets d'une mesure de gratuité généralisée à Paris, un rapide état des lieux de la mobilité et de son financement sont proposés ci-dessous. Les enseignements de l'approche par les coûts généralisés des transports sont ensuite mobilisés pour mettre en évidence les forces à l'oeuvre à court et à long terme. Dans un troisième temps, ce sont les résultats des études de cas obtenus dans la méta analyse des expériences de gratuité qui sont mobilisés. Enfin, les résultats issus d'un modèle de transport qui s'est attelé à évaluer l'effet attendu d'une mesure de gratuité pour Paris sont

présentés. Toutes ces approches mènent à des résultats convergents : une mesure de gratuité généralisée à Paris induirait une hausse de la fréquentation des TC qui augmenterait leur saturation, mais cela ne devrait pas avoir d'effet très sensible sur la congestion routière.

5.1. Etat des lieux de la mobilité et de son financement à Paris

Le rapport Rapoport [2018] dresse un état des lieux de la mobilité en Île-de-France. Sur base de l'Enquête Globale de Transport 2010, ils constatent une répartition modale contrastée entre Paris (*intra-muros*) et la Grande Couronne. A Paris, la marche représente 61% des déplacements contre 27% en TC et 7% en voiture. Dans la Grande Couronne, la part modale du TC tombe à 7% et celle de la voiture passe à 60%. Ils constatent qu'entre 2001 et 2010, la part modale de la voiture est restée stable (en diminution au centre de Paris, mais en augmentation en périphérie) et la croissance du nombre de déplacements est alimentée par les déplacements choisis (ceux pour des motifs de loisir ou d'achats). La congestion routière est très problématique, en particulier aux heures de pointe où l'Île-de-France recense 100 à 300 km de bouchons cumulés par jours. Mais les TC ne sont pas en reste. Ils se caractérisent par un niveau de saturation important qui impose des coûts privés et sociaux non négligeables. On estime que 8 des 14 lignes de métro sont en situation de saturation en heure de pointe (la capacité maximale théorique est fixée à 4 personnes par mètre carré et la saturation est définie à partir d'un taux de charge de 90% de cette capacité maximale). De nombreuses lignes de bus et RER connaissent aussi des taux de charge très élevés. Parmi les autres coûts non-monétaires directement associés aux TC, la ponctualité est insuffisante. Elle oscille entre 85% pour les RER A et D et 96% pour le métro. Celle des bus reste inférieure à 90%.

D'après Bailly et al. [2018], le nombre de déplacements quotidiens moyen s'élève à un peu plus de 9.4 millions en 2018, en Ile-de-France. Les recettes tarifaires provenant des seuls usagers correspondent à environ 27% des ressources des TC (s'élevant à 10.5 milliards d'€), soit environ 2.8 milliards d'€¹⁰. Pour le reste, 43% provient du versement transport, 9% du remboursement des abonnements par le employeurs (qui financent les pass Navigo de leurs employés à 50%) et le solde provient de l'Etat (18%) ou d'autres sources de financement (3%). D'après STIF [2017], les forfaits longs représentent 69% des recettes des titres de transport contre 29% pour les tickets et billets 3% pour les forfaits courts. Pour le trafic, les pass Navigo et Imagine R représentent à eux seuls 67% du trafic, quand les tickets et billets origine-destination représentent 17,6%. La Réduction Solidarité Transport et le forfait Navigo Gratuité comptent pour, respectivement, 6,5% et 3,1% du trafic.

Un calcul simple, qui consiste à rapporter le coût annuel supporté par les voyageurs au nombre de déplacements suggère que le prix moyen d'un trajet à Paris est de l'ordre de 80 centimes d'€ par voyage en 2018. A titre de comparaison, Haywood et Koning [2015] utilisaient une valeur de 0.5€ pour l'année 2010. Bureau [2011] observe que la couverture des coûts de fonctionnement par les usagers en Ile-de-France (autour de 30%) est sensiblement inférieur à celui d'autres villes dans le monde : en 2009, elle était par exemple de 40% à Amsterdam, de 35% à Bruxelles, de 52% à Londres, de 41% à Madrid, de 50% à Melbourne et de 41% à Montréal. Elle est, en revanche, similaire à d'autres grandes villes françaises : 18% à Bordeaux, 26% à Lille, 28% à Lyon, 50% à Marseille, 32% à Strasbourg et 12% à Toulouse. Par ailleurs, d'après un rapport public annuel de la Cour des comptes en 2016, les tarifs des TC parisiens sont relativement faibles par rapport à d'autres grandes villes.

¹⁰ Les recettes tarifaires totales sont plus élevées et de l'ordre de 4 milliards d'€ dont une partie est prise en charge par les entreprises (finançant le pass Navigo de leurs employés à 50%).

Nous l'avons vu dans l'introduction, Les coûts externes associés à la mobilité sont nombreux, mais ceux associés à la congestion routière sont les plus importants alors que la tarification de l'automobile est loin d'être optimale à Paris. Dans un document de travail sur les péages urbains, Gostner [2018] évalue le taux de couverture par véhicule-kilomètre des coûts externes par les recettes à 13% pour les voitures à essence et à 7% pour celles au diesel en milieu urbain très dense. Ces chiffres atteignent 19% et 11%, respectivement, pour l'ensemble de l'Île-de-France (Rapoport, 2018). Même si d'autres recettes pourraient être prises en compte, telle que le coût du stationnement, l'ensemble de la communauté scientifique s'accorde pour estimer que la tarification de l'automobile à Paris est insuffisante.

5.2. L'approche par les coûts généralisés

Si tous les paramètres mentionnés précédemment n'ont pas été mesurés avec la même précision, les évaluations menées par Haywood et Koning [2015] sur les passagers des lignes 1 et 4 du métro parisien permettent de donner un ordre de grandeur. En prenant en compte à la fois le coût moyen de voyage (0.5€), la valeur du temps passé dans le métro et les coûts de la congestion, les auteurs estiment que le coût généralisé d'un trajet de métro en heure de pointe est d'environ 3.07 € (pour le temps passé dans la rame de métro uniquement). Leurs estimations suggèrent de fortes hétérogénéités entre les lignes étudiées. Sur la ligne 1, le coût généralisé est de 4.18 € alors qu'il s'élève à 2.35 € sur la ligne 4¹¹. Pour obtenir le coût généralisé pour le transport en métro tel que nous l'avons défini dans l'équation (3), les coûts suivants devraient aussi être pris en considération : temps d'attente, temps d'accès, incertitude, etc.

D'après ces chiffres et les calculs de David et al. [2018] (pp.34-35) le coût monétaire d'un trajet dans le métro parisien représente approximativement 16% du coût associé au temps passé dans une rame de métro. Les valeurs extrêmes de ce rapport vont de 12%, et à 27% alors que tous les coûts ne sont pas pris en compte (en particulier, les coûts d'attente, d'accès et d'incertitude). Ces résultats suggèrent que le coût monétaire des transports représente une partie relativement faible des coûts généralisés. Cette valeur monétaire (3.07 €) correspond aux 9.6 minutes (valorisées à un coût d'opportunité de 12€/h) passées en moyenne dans un véhicule saturé et au prix moyen du voyage. En pratique, le temps moyen total de trajet « porte-à-porte » déclaré est de 46 minutes. Une simple extension des résultats des auteurs, réalisée avec les valeurs qu'ils appliquent, permet d'estimer le coût généralisé moyen des usagers des lignes 1 et 4 du métro parisien à 10.35 € par trajet. Sans tenir compte des éventuels effets induits tels que le report modal, la hausse de saturation ou l'augmentation des fréquences, la gratuité des TC réduit le coût généralisé du métro de moins de 5%. A titre de comparaison, la congestion moyenne sur ces deux lignes aux heures de pointe augmente le coût généralisé de 6.3%. Sur cette base, on peut s'attendre à ce qu'une baisse à zéro du tarif des TC en augmente l'attractivité, mais l'impact sur la fréquentation des TC devrait être faible et l'effet sur le report modal depuis la voiture devrait être encore plus faible. En effet, la littérature scientifique s'accorde pour estimer que l'élasticité prix de la demande de TC est faible, mais les valeurs rapportées (voir notamment Crozet et al., 2019) ne peuvent pas être appliquées directement à cette estimation. En ce qui concerne l'élasticité prix-croisées du prix des TC sur l'utilisation de la voiture elle est encore plus faible que la précédente.

¹¹ Les différences existant entre les deux lignes proviennent essentiellement de différences de caractéristiques entre les usagers (ceux de la ligne 1 ont une valeur du temps plus élevée que ceux de la ligne 4 en moyenne) et de différences de temps de trajet moyens.

Pour la suite du raisonnement, et par souci de simplicité, nous allons distinguer le court, et le plus long terme pour considérer les effets induits par une mesure de gratuité sur le coût généralisé de l'automobile et du rail. Le cas du bus est analogue à ce dernier à ceci près qu'il peut aussi être affecté par la congestion sur les routes. L'idée est donc de synthétiser les effets sur les différentes composantes des équations (2) et (3) présentées ci-dessus.

A court terme, la réduction des coûts monétaires directs pour l'utilisation des TC devrait en augmenter l'attractivité. L'impact sur le report modal depuis l'automobile ne devrait pas être très spectaculaire puisqu'on a vu que l'impact de la gratuité sur le coût généralisé des TC était inférieur à 5%, sans tenir compte des effets induits par cet éventuel report modal.

On peut donc s'attendre à un certain report modal de l'automobile vers les TC à court terme¹². Ce report modal devrait être accompagné d'une réduction (probablement très faible) de la congestion automobile et d'une hausse de la saturation des TC. L'ampleur de ce dernier effet dépend directement de l'état de saturation actuel de l'infrastructure et de sa capacité à absorber une demande additionnelle. En tout état de cause, une partie du gain de coût généralisé associé au passage à la gratuité pour l'utilisateur des TC sera compensée par la hausse de leur saturation. L'effet sur la qualité des TC (et sur les temps d'attente aux arrêts) est difficile à estimer mais il apparaît peu probable, étant donné la saturation actuelle, qu'il soit possible d'augmenter les fréquences et donc de bénéficier de l'effet Mohring. En conséquence, si la mesure de gratuité seule a un effet de l'ordre de 5% sur les coûts généralisés, l'effet net sera compris entre 0 et 5% après prise en compte de l'effet du report modal sur la saturation des TC.

A supposer que l'on observe effectivement un certain report modal de l'automobile vers les TC, il faut aussi s'interroger sur les effets d'équilibre général à plus long terme. Un tel report modal impliquerait une hausse de l'attractivité de Paris puisque les coûts généralisés du transport y auraient diminué. Ceci pourrait pousser le prix des logements à la hausse (si le nombre de logements reste constant) ou se traduire par une accélération de la croissance démographique dans l'aire urbaine parisienne qui augmenterait les coûts généralisés des transports pour tous les utilisateurs (sous l'hypothèse que les TC parisiens ne bénéficient pas de l'effet Mohring, ce qui est moins évident à long terme et avec la mise en place du Grand Paris). Cela se traduirait par une hausse additionnelle de la saturation des transports en commun et une augmentation de la congestion automobile, pour revenir à un niveau très proche de celui que nous aurions observé en l'absence de gratuité. Il est donc peu probable qu'une telle mesure améliore les problèmes de congestion à long terme. La quantification précise de ces effets est difficile à mettre en œuvre et une approche basée sur la calibration d'un modèle de transport est rapporté ci-dessous pour se faire une idée des ordres de grandeur à considérer.

5.3. Les enseignements des études de cas

La section 4 rapporte des études de cas pour des villes aux tailles, contextes et enjeux très variés. Ces expériences ont aussi été menées à des périodes très différentes. Aucune ville d'une taille comparable à l'aire urbaine de Paris ne dispose d'une mesure de gratuité généralisée aujourd'hui. Aux Etats-Unis, Portland et Seattle ont mis en place une mesure de gratuité généralisée entre le milieu des années 70

¹² Le raisonnement se base ici sur le lien entre TC et automobile, mais un lien similaire s'applique aux autres modes de transports (marche, vélo, etc.) dont les coûts généralisés n'ont pas été détaillés ici. Il ressort des études de cas que la sensibilité des utilisateurs de ces modes de transport doux au prix des TC est supérieure à celle de automobilistes. En conséquence, la hausse de la saturation dans les TC aurait lieu à un rythme supérieur à celui de la baisse de la congestion due au report modal des automobilistes.

et 2012. Malheureusement, les effets de cette gratuité n'ont pas été étudiés. Austin a mis en place cette mesure en 1989-90. On y rapporte une hausse significative de la fréquentation des TC, sans avoir identifié d'où cette hausse provient et ses effets éventuels sur la congestion. Chengdu, en Chine a rendu gratuites certaines lignes de son réseau TC et aurait observé, là aussi, une hausse de la fréquentation sans pouvoir identifier le profil de ses nouveaux utilisateurs.

En somme, en dehors de Tallinn, aucune expérience de gratuité généralisée n'a été réalisée dans un contexte comparable à celui de Paris. Il ressort néanmoins, qu'une certaine régularité émerge de la méta analyse des études de cas. Quelle que soit la période de mise en œuvre ou la taille de la ville concernée, les expériences de gratuité ont induit un accroissement sensible de la fréquentation des TC¹³. Cette croissance est parfois très importante, surtout dans les villes où l'utilisation des TC était très faible avant la mise en place de la mesure. Mais il est souvent difficile de savoir si cet accroissement de l'utilisation des TC provient de nouveaux déplacements, d'un report modal depuis l'automobile ou depuis des modes de transports doux. Les études de cas réalisées pour Hasselt, Tallinn ou Dunkerque suggèrent qu'une petite partie de ces nouveaux déplacements (16% à Hasselt, 24% à Dunkerque) auraient été réalisés en voiture sans la mesure de gratuité (sans que l'on sache si ce déplacement aurait été effectué) et il a été estimé que la part modale de la voiture aurait diminué de 3% à Tallinn. Ce constat explique que seules les villes qui avaient d'autres objectifs que celui de réduire la congestion automobile ont conservé la mesure et il n'y a pas de raison de penser qu'il en irait différemment pour Paris.

5.4. Les prédictions d'un modèle de transport

Les modèles de transports permettent de simuler les effets attendus de différents chocs sur les choix de mobilités des agents. Dans un premier temps, ces modèles sont calibrés pour reproduire, le plus fidèlement possible, les choix de mobilité des agents dans le contexte existant. Dans un second temps, certains paramètres sont modifiés pour simuler l'effet d'un choc sur les choix de mobilité des différents agents sous différentes hypothèses quant au comportement des agents.

L'intérêt de ces modèles est qu'ils permettent de réaliser des simulations fines (les effets obtenus peuvent être différenciés en fonction du profil des agents, des quartiers concernés, etc.) et pour différents scénarios et hypothèses. Leurs inconvénients sont qu'ils nécessitent l'utilisation de nombreuses données fines, souvent difficiles à obtenir et qui nécessitent de disposer d'une puissance de calcul suffisante. Ces modèles reposent sur de nombreuses hypothèses et il est souvent difficile de mettre en évidence les mécanismes sous-jacents aux résultats obtenus. Enfin, il n'est pas possible de répliquer leurs résultats car ces modèles appartiennent généralement à des opérateurs de la mobilité qui ne partagent pas leurs hypothèses de simulations.

Le rapport Rapoport [2018] rapporte une étude menée par Île-de-France Mobilités basée sur l'Enquête Globale Transport [2010] auquel le modèle « ANTONIN 3 » est appliqué. Il vise à quantifier l'effet du passage à la gratuité des transports en commun à Paris dans deux scénarios, à l'horizon 2030, soit après la mise en service de l'ensemble des infrastructures du Grand Paris Express. Dans les deux scénarios, les agents qui utilisent déjà les TC avec des abonnements longue durée ne modifieront pas leurs comportements de déplacement mais bénéficieront d'un accroissement de leur pouvoir d'achat. On s'intéresse donc essentiellement aux agents qui se déplacent avec des titres courts et à ceux qui

¹³ Il faut noter qu'aucune des études recensées n'a étudié le rôle du coût initial d'utilisation des TC (avant le passage à la gratuité) sur l'impact de cette mesure.

utilisent un autre mode de transport (ainsi qu'à des agents au profil de déplacement plus complexes (déplacements multiples, avec des contraintes, etc.).

Premier constat, 90% des déplacements actuellement réalisés en voiture ne seraient pas reportables sans perte de temps et 25% ne pourraient pas être réalisés en TC. En revanche, la moitié des déplacements à pied et un tiers de ceux à vélo prendraient moins de temps en TC (et seraient donc potentiellement plus sensibles à une mesure de gratuité).

Les principaux résultats sont les suivants. Si on suppose que seuls les déplacements sans perte de temps sont reportables (scénario pessimiste), 1% des déplacements seraient reportés vers les transports en commun, correspondant à 2% des passagers*kilomètres. Ces chiffres passent respectivement à 2% et 3% si on accepte une perte de temps de 15 minutes par jour (scénario optimiste). Au total, le scénario optimiste envisage une diminution de 5% des kilomètres réalisés en voiture et de 28% pour les modes actifs (marche et vélo). Ces reports concerneraient surtout des actifs qui se déplacent pour motifs personnels, aux heures creuses et en grande couronne, ce qui suggère un effet très faible sur la congestion aux heures de pointe et donc un impact quasi nul en termes environnementaux. Cela conduirait à une hausse de 10% de l'utilisation de TC, ce qui induirait des surcoûts considérables. Les conclusions du rapport Rapoport (2018, p. 76) sont sans appel : « *La gratuité des transports collectifs ne répond en pratique à aucun des enjeux auxquels sont confrontés les transports en Île-de-France :*

- *elle (...) ne contribuerait que très peu à la réduction de la circulation automobile et à l'amélioration de la qualité de l'air,*
- *elle serait fondamentalement inéquitable (...)*
- *elle aggraverait la saturation des transports collectifs, déjà sous tension*
- *elle créerait un problème majeur de financement »*

6. Conclusions : quelles alternatives à la gratuité des transports en commun pour réduire la congestion ?

Pour réduire la pression automobile, il est nécessaire de modifier le coût relatif de l'utilisation de la voiture et des transports en commun. Rendre les transports en commun « gratuits » coûterait très cher à la collectivité et n'aurait qu'un impact très limité sur la pression automobile. Il est probable, en revanche, que cela augmente leur attractivité pour les déplacements qui s'effectuent aujourd'hui avec des modes de transport doux : la marche ou le vélo. Le risque est d'accentuer leur saturation déjà élevée dans l'aire urbaine de Paris.

Il existe de nombreuses approches pour augmenter le coût relatif de la voiture par rapport aux transports en commun. La tarification directe de l'utilisation de la voiture peut se faire à travers la mise en place d'un péage, d'une taxe kilométrique ou encore de la tarification des places de parking. Il est aussi possible de taxer plus fortement la propriété de véhicules. De manière générale, la tarification de l'automobile induit des effets redistributifs importants et peut sembler juste lorsque l'on considère la faible contribution des automobilistes aux coûts externes qu'ils font supporter à la collectivité¹⁴.

¹⁴ Pour rappel, comme rapporté dans cet article, le taux de couverture des coûts sociaux associés à l'utilisation de la voiture par les prélèvements obligatoires sont de l'ordre de 7% à 13% à Paris.

Parmi les mesures souvent proposées, la mise en place d'un péage urbain, qui peut prendre de nombreuses formes revient le plus souvent. De Palma et Lindsey [2009] distinguent quatre types de péages qui ont différentes propriétés. Les péages par équipement s'appliquent à des sections de routes, de ponts ou de tunnels. Les péages par cordon font payer l'utilisateur lorsqu'il entre ou sort d'une zone particulière. Les péages de zones permettent de faire payer tout déplacement à l'intérieur d'une zone donnée. Les péages à la distance impliquent des tarifs qui varient avec la distance parcourue.

Il est aussi possible d'augmenter le coût d'utilisation de la voiture en réduisant l'espace qui lui est dévolu dans l'espace public. Cette possibilité est discutée par David et Foucart [2014] qui montrent que dans certain cas, réduire l'espace de la voiture pour augmenter celui des TC peut améliorer le bien-être pour tout le monde. L'idée étant qu'on peut améliorer l'efficacité des TC grâce à la mise en place d'une séparation du trafic. Cet argument peut s'appliquer aux autres modes de transport : le vélo, la marche, etc.

7. Bibliographie

1. Adler M. W., van Ommeren J. N. [2016], Does public transit reduce car travel externalities? Quasi-natural experiments' evidence from transit strikes. *Journal of Urban Economics*, 92, 106-119.
2. Akbar A. P., Duranton G. [2017], Measuring the cost of congestion in highly congested city: Bogotá, *CAF - Working Paper*, 2017-4, 1-46.
3. Anderson M. L. [2014], Subways, Strikes, and Slowdowns: The Impacts of Public Transit on Traffic Congestion, *American Economic Review*, 104(9).
4. Anderson M. L., Lu F., Zhang Y., Yang J., Qin P. [2016], Superstitions, street traffic, and subjective well-being, *Journal of Public Economics*, 142, 1-10.
5. Bauernschuster S., Hener T., Rainer H. [2017], When Labor Disputes Bring Cities to a Standstill: The Impact of Public Transit Strikes on Traffic, Accidents, Air Pollution, and Health, *American Economic Journal: Economic Policy*, 9(1), 1-37.
6. Bailly J.-B., Crozet Y., Péliissier M., Ramette Y. [2018], Comité d'évaluation de l'amélioration de l'offre de transport en Île, *Île-de-France Mobilités*.
7. Billings S. B. [2011], Estimating the value of a new transit option, *Regional Science and Urban Economics*, 41(6), 525-536.
8. Bono P-H., David Q., Desbordes R., Py L. [2018], Les métros et l'attractivité internationale des villes, in: Prager J-C. (ed.), *Le Grand Paris Express – Les enjeux économique et urbains*, ch. 4, Economica, Paris.
9. Briche H., Huré M. [2017], Dunkerque, nouveau « laboratoire » de la gratuité des transports, *Métropolitiques*, URL : <http://www.metropolitiques.eu/Dunkerque-nouveau-laboratoire-de.html>
10. Brie M. [2018], Belgium: Ending the Car Siege in Hasselt. In: Dellheim J., Prince J. (eds.), *Free Public Transit*, Montreal-Chicago-London: Black Rose books, 81-88.
11. Bureau B. [2011], Opportunité socio-économique d'une hausse de prix des transports collectifs franciliens, *Documents de travail de la DG-Trésors*, 2011-2, 1-32.
12. Cats O., Reimal T., Susilo Y.O. [2014], Public Transport Pricing Policy. Empirical Evidence from a Fare-Free Scheme in Tallinn, Estonia, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2415, 89-96.
13. Cats O., Susilo Y.O., Reimal T. [2017], The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn, *Transportation*, 44(5), 1083-1104.
14. Center for Economics and Business Research [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*, CEBR.
15. Chen Y., Whalley A. [2012], Green Infrastructure: The Effects of Urban Rail Transit on Air Quality, *American Economic Journal: Economic Policy*, 4(1), 58-97.
16. Cordier B. [2007], *La gratuité totale des transports collectifs urbains : effets sur la fréquentation et intérêts*, PREDIT 3/ADEME.
17. Crozet Y., Faivre d'Arcier B., Mercier A., Monchambert G., Péguy P.-Y. [2019], *Réflexions sur les enjeux de la gratuité pour le réseau TCM*. [Rapport de recherche] SYTRAL et LAET.

18. David Q., Del Fabbro M., Vertier P. [2018], *Etude sur la « gratuité » des transports en commun à Paris*, Rapport du Laboratoire d'Evaluation des Politiques Publiques (LIEPP) de Sciences Po.
19. David Q., Foucart R. [2014]. Modal choice and optimal congestion, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 48(C), pp. 12-20.
20. Debrincat L., Goldberg J., Duchateau H., Kroes E., Kouwenhoven M. [2006], Valorisation de la régularité des radiales ferrées en Ile de France, *TEC*, 191(2006): 54-60.
21. De Palma A., Lindsey R. [2009], Traffic Congestion Pricing Methods and Technologies, *Cahier de recherche*, 2009(31).
22. Fareless Transit System Research Work Group [1996], *Fareless Transit in the Portland Metropolitan Region*.
23. Gabaldon-Estevan D., Orru K., Kaufmann C., Orru H. [2019], Broader impacts of the fare-free public transportation system in Tallinn, *International Journal of Urban Sustainable Development*, Vol 11 (3), 332-345.
24. Galey D. [2014], License to Ride: Free Public Transportation for Residents of Tallinn, *Critical Planning*, 21(1), 19-33.
25. Gendron-Carrier N., Gonzales-Navarro M., Polloni S., Turner M.A. [2018], Subways and Urban Air Pollution, *NBER Working Paper*, 24183, 1-47.
26. Gibbons S., Machin S. [2005], Valuing rail access using transport innovations, *Journal of urban Economics*, 57(1), 148-169.
27. Glaister S. [1974], Generalised consumer surplus and public transport pricing, *The Economic Journal*, 84(336), 849-867.
28. Gobillon L., Rupert P., Wasmer E. [2014], Ethnic unemployment rates and frictional markets. *Journal of Urban Economics*, 79, 108-120.
29. Gostner C. [2018], Péages urbains : quels enseignements tirer des expériences étrangères ?, *Document de Travail de la DG Trésor*, 2018(1).
30. Haywood L., Koning M. [2012], Avoir les coudes serrés dans le métro parisien : évaluation contingente du confort des déplacements, *Revue d'économie industrielle*, 140, 111-144.
31. Haywood L., Koning M. [2015], The distribution of crowding costs in public transport: New evidence from Paris, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 182-201.
32. Haywood L., Koning M., Prud'homme R. [2018], The economic cost of subway congestion: Estimates from Paris, *Economics of Transportation*, 14, 1-8.
33. Hess D.B. [2017], Decrypting fare-free public transport in Tallinn, Estonia, *Case Studies on Transport Policy*, 5(4), 690-698.
34. Huré M., Javary C-M. [2020], La gratuité des transports pour changer les comportements de mobilité? Premiers retours de l'expérience dunkerquoise (2018-2019), *Transports Urbains*, 136, 23-27.
35. Jayet H., Aboulkacem E-M. [2019], Le Grand Paris Express et le marché du travail, in : Prager J.-C. (ed.), *Le Grand Paris Express : les enjeux économiques et urbains*, ch. 5, pp. 147-162, Economica, Paris.
36. Kębłowski, W. [2018a], France: A "New May 1968" in Aubagne?, In: Dellheim J., Prince J. (eds.), *Free Public Transit*, Montreal-Chicago-London: Black Rose Books, 103-110.

37. Kębłowski W. [2018b], *Moving past sustainable mobility towards a critical perspective on urban transport. A right to the city-inspired analysis of fare-free public transport* (PhD Thesis), Université libre de Bruxelles et Vrije Universiteit Brussel.
38. Kębłowski W. [2018c]. Riding for Free in a Chinese Metropolis, in: Dellheim J., Prince J. (eds.), *Free Public Transit*, Montreal-Chicago-London: Black Rose Books, 218-224.
39. Kębłowski W., Tuvikene T., Pikner T., Jauhiainen J.S. [2019], *Towards an urban political geography of transport: Unpacking the political and scalar dynamics of fare-free public transport in Tallinn, Estonia, EPC: Politics and Space*, 37(6), 967-984.
40. Kilani M., Proost S., van der Loo S. [2014], Road pricing and public transport pricing reform in Paris: Complements or substitutes?, *Economics of Transportation*, 3(2), 175-187.
41. Kleven H.J., Kreiner C.T. [2006], The marginal cost of public funds: Hours of work versus labor force participation, *Journal of Public Economics*, 90(10-11), 1955-1973.
42. Knittel C.R. [2012], Reducing Petroleum Consumption from Transportation, *Journal of Economic Perspectives*, 26(1), 93-118.
43. Knittel C.R., Miller D.L., Sanders N.J. [2016], Caution, Drivers! Children Present: Traffic, Pollution, and Infant Health, *Review of Economics and Statistics*, 98(2), 350-366.
44. Kreindler G.E. [2018], The Welfare Effect of Road Congestion Pricing: Experimental Evidence and Equilibrium Implications, *[Job Market Paper]*.
45. Kroes E., Kouwenhoven M., Debrincat L., Pauget N. [2013], "On the value of crowding in public transport for Ile-de-France" for the Roundtable on Valuing convenience in public transport (12-13 September 2013, Paris). *Discussion paper 2013-18*. 37 pages.
46. Lemoine M., Wasmer E. [2010], Les mobilités des salariés. *Rapport du Conseil d'Analyse Economique*.
47. Li Z., Hensher D.A., Rose J.M. [2010], Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport: A review and some new empirical evidence, *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 46(3), 384-403.
48. Marinescu I., Rathelot R. [2018], Mismatch unemployment and the geography of job search, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 10(3), 42-70.
49. Mayer T., Trevien C. [2017], The impact of urban public transportation evidence from the Paris region, *Journal of Urban Economics*, 102, 1-21.
50. Monte F., Redding S.J., Rossi-Hansberg E. [2018], Commuting, Migration and Local Employment Elasticities, *American Economic Review*, 108(12), 3855-3890.
51. Nelson P., Baglino A., Harrington W., Safirova E., Lipman A. [2007], Transit in Washington, DC: Current benefits and optimal level of provision, *Journal of Urban Economics*, 62(2), 231-251.
52. Parry I.W.H., Small K.A. [2009], Should Urban Transit Subsidies Be Reduced?, *American Economic Review*, 99(3), 700-724.
53. Pigou A. [1920], *The economics of welfare*, Routledge, 2017.
54. Rapoport J., Carrez G., Crozet Y., Leurent F., Mirabel F., Pélissier M., Quinet A., Savary G. [2018], *Rapport du comité sur la faisabilité de la gratuité des transports en commun en Île-de-France, leur financement et la politique de tarification, Île-de-France Mobilités*.
55. Shires J.D., de Jong G.C. [2009], An international meta-analysis of values of travel time savings, *Evaluation and Program Planning*, 32(4), 315-325.

56. Small K.A. [2005], Unnoticed Lessons from London: Road Pricing and Public Transit. *Access*, 26, 10-15.
57. Small K.A., Verhoef E.T. [2007], *The Economics of Urban Transportation*. Routledge, Taylor & Francis e-Library.
58. Small K.A. [2012], Valuation of travel time, *Economics of Transportation*, 1(1-2), 2-14.
59. Storchmann K. [2003], Externalities by Automobiles and Fare-Free Transit in Germany — A Paradigm Shift?, *Journal of Public Transportation*, 6(4), 89-105.
60. Štraub D. [2020], The Effects of Fare-Free Public Transport: A Lesson from Frýdek-Místek (Czechia), *Sustainability*, 12 (9111), 1-15.
61. Štraub D., Jaroš V. [2019], Free fare policy as a tool for sustainable development of public transport services. *Human Geographies Journal of Studies Research in Human Geography*, 13(1), 45-59.
62. Tirachini A., Hensher D. A. [2012], Multimodal Transport Pricing: First Best, Second Best and Extensions to Non-motorized Transport, *Transport Reviews*, 32(2), 181-202.
63. Turvey R., Mohring H. [1975], Optimal bus fares. *Journal of Transport Economics and Policy*, 9(3), 280-286.
64. van Goeverden C., Rietveld P., Koelemeijer J., Peeters, P. [2006], Subsidies in public transport, *European Transport - Trasporti Europei*, 32, 5-25.
65. Vickrey W. [1980], Optimal Transit Subsidy Policy, *Transportation*, 9, 389-409.
66. Volinski J. [2012], Implementation and Outcomes of Fare-Free Transit Systems. A Synthesis of Transit Practice, Transportation Research Board.
67. Wardman M. [2004], Public transport values of time, *Transport Policy*, 11(4), 363-377.
68. Wardman M., Whelan G. [2011], Twenty Years of Rail Crowding Valuation Studies: Evidence and Lessons from British Experience. *Transport Reviews*, 31(3), 379-398.