



Documents de Travail

N° 2018/1 • Avril 2018

PÉAGES URBAINS : QUELS ENSEIGNEMENTS TIRER DES EXPÉRIENCES ÉTRANGÈRES ?

Carole Gostner

PÉAGES URBAINS : QUELS ENSEIGNEMENTS TIRER DES EXPÉRIENCES ÉTRANGÈRES ?

Carole GOSTNER

L'auteur remercie vivement les équipes des services économiques d'Italie, du Japon, de Lettonie, de Norvège, du Royaume-Uni, de Singapour et de Suède pour leurs contributions qui ont fait l'objet d'une étude comparative internationale finalisée en novembre 2016. Elle remercie également Thomas Salez, Alexis Loublier, Emmanuel Bétry, Benjamin Delozier, Arnaud Buissé et Isabelle Andrivon pour leurs conseils et relectures attentives.

Ce document de travail n'engage que son auteur. L'objet de sa diffusion est de stimuler le débat et d'appeler commentaires et critiques.

Carole Gostner est en poste à la Direction Générale du Trésor au Ministère de l'Économie et des Finances (France)

carole.gostner@dgtrésor.gouv.fr (+33-1-44-87-14-32)

Table des matières

Résumé.....	5
Abstract.....	6
Introduction	7
1. Typologie des péages urbains existants à l'étranger.....	10
1.1 Quel système technologique ?.....	10
1.2 Quelle structure tarifaire ?.....	12
1.2.1 Péage de zone ou péage cordon ?	12
1.2.2 Quelle modulation des tarifs ?	12
1.2.3 Quelles exemptions tarifaires ?	12
1.3 Quelles recettes ?	13
1.4 Quel accompagnement en matière de développement ou renforcement des transports en commun ?.....	14
2. Les enseignements à tirer pour la France des péages urbains existants à l'étranger.....	16
2.1 Recommandation n°1 : mettre en place une modulation fine des tarifs mais toutefois visible et connue à l'avance par les agents afin d'agir effectivement sur leurs comportements	16
2.1.1 Calibrer les péages en conciliant modulation tarifaire et prévisibilité des tarifs	16
2.1.2 Eviter les exonérations tarifaires	17
2.2 Recommandation n°2 : favoriser les technologies embarquées et le développement des technologies GPS.....	18
2.3 Recommandation n°3 : s'assurer de l'existence d'alternatives crédibles à la voiture particulière en augmentant le cas échéant l'offre de transports en commun urbains.....	19
2.4 Recommandation n°4 : ne pas limiter dans le temps les péages urbains	20
2.5 Recommandation n°5 : enrayer les potentiels « effets de bord » via une définition fine du périmètre du péage	20
2.5.1 Les effets de bord liés au trafic	20
2.5.2 Les effets de bord liés à la densification urbaine ou à l'étalement urbain	21
3. Les conditions de l'acceptabilité des péages urbains par la population	22
3.1 Recommandation n°1 : mettre en place une large campagne de communication sur les effets positifs des péages en termes de congestion et/ou de baisse de la pollution	22
3.2 Recommandation n°2 : l'acceptabilité peut aussi être favorisée par un renforcement de l'offre de transports en commun accompagnant la mise en place du péage.....	23
3.3 Recommandation n°3 : prendre en charge le coût des équipements nécessaires pour les usagers, sous réserve d'un coût limité pour les finances publiques	24
4. L'utilité de mesures d'accompagnement des ménages modestes dépend notamment du contexte spatial et social.....	25
5. Conclusion : où en est la France en matière de péages urbains ?	27
Annexe.....	29
Bibliographie.....	32

Résumé

Les péages urbains constituent un outil efficace pour résoudre les problèmes de congestion et de pollution atmosphérique locale¹ liés aux déplacements routiers en zones urbaines. Singapour, Stockholm, Göteborg, Londres (*Congestion Charge*), Rome ou Milan depuis 2012 ont ainsi mis en place des péages de décongestion, et Londres (*Low Emission Zone* et future *Ultra Low Emission Zone*) ou Milan jusqu'en 2012 ont installé des péages environnementaux.

Il apparaît que certaines conditions permettent de maximiser l'efficacité des péages urbains : l'utilisation de technologies embarquées ; l'installation de péages uniquement dans des zones suffisamment peuplées ; la non-limitation temporelle des péages afin d'assurer le retour sur investissement des péages et d'inciter les usagers de la route à modifier leurs comportements ; la mise en place d'une modulation tarifaire en fonction du moment et du lieu traversé, qui puisse être suffisamment anticipée par les usagers pour être intégrée dans leurs comportements et qui ne fasse pas l'objet d'exonérations ; enfin, afin de garantir l'existence de solutions alternatives à la route, l'accompagnement des péages par un renforcement de l'offre de transports en cas de besoin avéré.

Par ailleurs, plusieurs mesures peuvent faciliter l'acceptabilité sociale des péages urbains, notamment : la conduite d'une campagne de communication relayant les impacts positifs des péages sur le bien-être des citoyens en termes de baisse de congestion et de pollution ; sous réserve d'analyses socio-économiques positives, l'accompagnement des péages par un renforcement de l'offre de transports ; et la prise en charge des éventuels équipements embarqués pour les véhicules, si le coût pour les finances publiques est limité.

L'article 65 de la loi Grenelle 2 permet la mise en place de péages urbains par les collectivités locales, mais seulement pour une durée de 3 ans, ce qui apparaît trop court pour pouvoir amortir les investissements. Lors du discours de clôture des Assises de la mobilité le 13 décembre 2017, la ministre des Transports a annoncé que la future loi d'orientation des mobilités devrait permettre de simplifier les normes pour faciliter le recours aux péages urbains.

¹ Il s'agit essentiellement des particules fines et des oxydes de soufre et d'azote. Les émissions de gaz à effets de serre sont directement proportionnelles à la consommation de carburant et peuvent facilement être tarifées *via* une taxe carbone, indépendamment du lieu de circulation, contrairement aux externalités de congestion et pollution locale qui sont fortement dépendantes du lieu et du moment de la circulation.

Abstract

Congestion pricing is an effective tool to reduce congestion and local air pollution related to urban road traffic. Singapore, Stockholm, Gothenburg, London (*Congestion Charge*), Rome or Milan since 2012 have implemented congestion charging schemes, and London (*Low Emission Zone* and future *Ultra Low Emission Zone*) or Milan until 2012 have implemented pollution charging schemes.

It appears that several conditions help to enhance their economic efficiency: using a technological system based on the electronic recognition of on-board passes; targeting only highly-populated cities; avoiding putting a time-limit on the schemes, in order to ensure a return on investment and to induce road users to change their travelling habits; designing a pricing system that is variable (according to the time of the day and the geographic zone), visible, predictable enough so that users can take it into account in their travelling decisions, and universal (not subject to exemptions); lastly, in order to make sure there are enough alternatives to road itineraries, reinforcing the public transport networks in case of proven needs.

Moreover, several measures may facilitate the acceptability of the schemes among the population: launching a communication campaign highlighting the positive impacts on the inhabitants' welfare (mainly a decrease in road congestion and air pollution); subject to positive cost-benefit analyses, taking measures to reinforce public transport supply; and, on condition of a limited impact on public finances, financing on-board equipment for road users.

Article 65 of the *Grenelle II* law allows local authorities to introduce congestion pricing schemes, but only for a period of 3 years, which appears too short to make the initial investment profitable. During the closing ceremony of the *Assises de la Mobilité* on December 13 2017, the French Minister for Transportation announced that the upcoming law on mobility should simplify the existing rules to make congestion pricing easier to implement.

Introduction

La tarification optimale des circulations routières correspond théoriquement à la couverture par l'utilisateur *a minima*² du coût marginal social qu'il engendre (coût marginal privé et externalités). Si l'utilisateur de la voiture particulière paie les coûts d'usage privé de son véhicule, il est en effet également responsable d'externalités (notamment émissions de gaz à effets de serre, congestion et pollution atmosphérique locale) supportées par la collectivité, qu'il est nécessaire de lui faire payer pour qu'il les prenne en compte dans ses décisions.

Le bilan de la couverture des coûts externes du mode routier montre que, en France, les véhicules particuliers ne paient globalement pas le coût social de leurs circulations (taux de couverture inférieur à 100 %), sauf les véhicules particuliers à essence circulant en milieu interurbain. Les véhicules diesel bénéficient d'une sous-tarification plus prononcée ; la convergence des fiscalités diesel-essence en quatre ans votée dans la loi de finances initiale pour 2018 permettra de corriger cette distorsion. Toutefois, quel que soit le carburant, les déplacements en zone urbaine sont actuellement fortement sous-tarifés et cette sous-tarification est génératrice d'inefficacités économiques car elle induit un nombre de déplacements en voiture dans ces zones allant très au-delà de leur utilité sociale.

Tableau 1 : bilan coût-prélèvement des circulations routières

c€ ₂₀₁₅ /véhicule-km	Véhicules particuliers									
	Urbain très dense		Urbain dense		Urbain		Urbain diffus		Interurbain	
	Essence	Diesel	Essence	Diesel	Essence	Diesel	Essence	Diesel	Essence	Diesel
Coûts externes totaux ^a	46,4	58,7	29,8	33,0	25,0	26,1	11,7	12,5	6,1	6,5
Prélèvements totaux ^b	6,1	4,1	6,2	4,1	6,7	4,7	7,6	5,7	7,6	5,7
Taux de couverture	13 %	7 %	21 %	13 %	27 %	18 %	65 %	46 %	125 %	87 %

Clé de lecture : Par exemple, en milieu urbain très dense, la circulation d'un véhicule à motorisation diesel engendre des coûts socio-économiques de 58,7 c€₂₀₁₅ par véhicule-km alors que les prélèvements auxquels elle est soumise s'élèvent à seulement 4,1 c€₂₀₁₅ par véhicule-km, soit un taux de couverture des externalités engendrées de seulement 7 %. Autrement dit, ces véhicules sont loin de payer le coût social engendré par leur circulation (ce qui impliquerait un taux de couverture de 100%).

Source : Calculs et retraitements DG Trésor.

- Calculs CGDD /DG Trésor. Les coûts externes pris en compte sont la congestion, la pollution locale, les émissions de CO₂, le bruit, l'insécurité et l'usure des infrastructures.
- Les prélèvements sur les circulations routières reposent principalement sur deux instruments, les péages sur le réseau concédé (constitué des autoroutes à péage représentant un linéaire de 9 033 km) qui représentent de l'ordre de 9,5 Md€ (Arafer, Synthèse des comptes des concessions autoroutières, exercice 2016) et la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE) payée sur les carburants qui représente de l'ordre de 28 Md€ (Les comptes des transports 2016). Ces deux prélèvements représentent 90 % des prélèvements totaux sur la route. Le reste des recettes est constitué de la taxe à l'essieu, la taxe sur les véhicules de sociétés, la taxe sur les contrats d'assurance et la taxe sur les certificats d'immatriculation.

² Une tarification de l'usage des infrastructures (dans le cas d'espèce, les infrastructures routières) à leur coût marginal social permet de faire payer au consommateur le coût induit par une utilisation supplémentaire de l'infrastructure ainsi que les coûts externes liés à la congestion, à la pollution, à la sécurité, etc. Toutefois, pour les infrastructures de transport notamment, ce mode de tarification conduit à un déficit chronique pour les gestionnaires puisque le coût marginal social est généralement inférieur au coût moyen en raison de coûts fixes élevés. Pour couvrir les coûts fixes en limitant le recours aux subventions publiques, il est donc nécessaire d'élever les tarifs au-dessus des coûts marginaux. La règle de Ramsey-Boiteux indique comment opérer cette majoration tout en générant le moins de distorsions possibles par rapport l'optimum de premier rang obtenu avec la tarification au coût marginal.

Une solution optimale d'un point de vue théorique pour résorber la sous-tarifcation de l'usage de l'automobile en zones urbaines denses est la mise en place de péages urbains visant à faire payer les externalités de congestion et de pollution atmosphérique locale. Les émissions de gaz à effets de serre étant directement proportionnelles à la consommation de carburant (bien que variables en fonction du type de carburant utilisé), elles peuvent facilement être internalisées via une taxe carbone assise sur les émissions de CO₂ émises par les carburants employés. La contribution climat énergie (CCE), composante de la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE), est ainsi destinée à couvrir les externalités en termes d'émission de CO₂. À l'inverse des émissions de CO₂, les autres externalités de l'usage de l'automobile (en particulier congestion et pollution atmosphérique locale) sont moins fonction de la consommation de carburants (bien qu'elles dépendent effectivement du type de carburant utilisé et de sa consommation par le véhicule) et davantage dépendantes du lieu (en particulier de la densité de la population) et du moment de la circulation : en milieu urbain dense, elles peuvent ainsi être efficacement internalisées par la mise en place de péages urbains. Ces derniers constituent un outil efficace en ce qu'ils permettent de sélectionner les automobilistes qui retirent le plus de bénéfices nets de leurs déplacements automobiles, les usagers adaptant leur comportement au nouveau signal-prix : ceux dont la disposition à payer est inférieure au niveau du péage changent d'itinéraire, d'horaire ou de mode de transport.

Plusieurs pays ont mis en place des péages urbains depuis les années 1980, ce qui permet de bénéficier de retours d'expérience. En théorie, on peut concevoir des péages « de décongestion », qui sont censés faire payer aux usagers de la voirie les pertes de temps qu'ils font subir aux autres utilisateurs : c'est le cas notamment des péages de Stockholm et Göteborg, de la *Congestion Charge* à Londres, de l'*Area C* à Milan, de Rome, Jūrmala, Tokyo et Osaka. On peut également considérer des péages « environnementaux », qui sont quant à eux censés faire payer aux automobilistes les nuisances environnementales liées à l'usage de leur véhicules, notamment l'émission de particules fines et d'oxydes d'azote : c'est le cas par exemple de la LEZ - *Low Emission Zone* - en place depuis 2008 et de la future ULEZ - *Ultra Low Emission Zone* prévue pour 2019-2020 après la mise en place temporaire d'une *T-Charge*³ - à Londres ou de l'*Ecopass* qui existait à Milan jusqu'en 2012. Il est à noter que la baisse de trafic induite dans les deux types de péage implique à la fois des gains environnementaux et de décongestion.

Les péages de décongestion ou environnementaux sont à distinguer des péages « de financement » qui ont pour objectif principal un objectif de rendement afin de couvrir d'autres investissements. De nombreuses villes, notamment en Norvège (Oslo, Bergen, Stavanger, Kristiansand et Trondheim), disposent de tels systèmes sur les grandes artères urbaines, les recettes récoltées servant à financer l'entretien de la voirie et les investissements pour la mise en place de nouvelles infrastructures routières urbaines. Le niveau de prix des péages de financement est souvent relativement faible et stable pour éviter de modifier les comportements des automobilistes, alors que le niveau de prix des péages de décongestion et/ou environnementaux est relativement élevé et idéalement modulé en fonction de plusieurs paramètres dans le but d'avoir un impact significatif sur les comportements (choix du mode de transport, de l'horaire et de l'itinéraire). Ce document de travail s'intéresse essentiellement aux péages de décongestion et environnementaux.

La mise en place de péages urbains s'est généralement accompagnée d'une réduction significative de la congestion et/ou de la pollution atmosphérique :

³ Le maire de Londres Sadiq Khan a décidé en février 2017 l'introduction d'une taxe de £10 (soit 11,7 €), baptisée *Toxic Charge* ou *T-Charge*, sur les voitures d'avant la norme Euro 4 et les poids-lourds d'avant la norme Euro 3 circulant dans le centre de la capitale britannique, la nouvelle taxe venant s'ajouter au péage urbain de décongestion (*Congestion Charge*). La *T-Charge* ne constitue toutefois qu'un dispositif temporaire qui sera remplacée par l'ULEZ une fois celle-ci mise en œuvre, qui concernera pour sa part les véhicules essence avant la norme Euro4 ainsi que les voitures diesel avant la norme Euro 6. Il existe toutefois une période de recoupement entre les deux dispositifs : l'ULEZ prévoit une période de 3 ans pendant laquelle les résidents de la zone dont les véhicules ne répondent pas aux normes d'émission seront exemptés de péage (12,50 £/jours) mais seront en revanche soumis à la *T-Charge* à 90 %, soit £9. En revanche, pour les non-résidents, l'ULEZ sera appliquée dès sa mise en place, soit une hausse de 25 % du tarif appliqué par rapport à la *T-Charge*.

- À **Stockholm**, l'introduction du péage de décongestion s'est accompagnée d'une baisse du trafic de 20 % dès 2006, qui s'est accentuée chaque année depuis 10 ans : le nombre de véhicules pénétrant dans la capitale a été 30 % plus faible en 2016 qu'en 2005, alors même que la population de Stockholm a augmenté de 22 % sur la période. Il a été montré⁴ que la durée du retard sur un même trajet - c'est-à-dire le temps de retard par rapport au même trajet sans aucune congestion - a été réduite d'un tiers durant les périodes de pointe. Depuis 2006 : les émissions de polluants - au sens large, incluant les particules, NO_x, GES, etc. - auraient baissé de 14 % à l'intérieur du cordon compté de la réduction du trafic⁵ ; les concentrations de poussières PM_{2,5}⁶ ont atteint 4 µg/m³ en moyenne en 2016, soit quatre fois moins qu'à Paris.
- À **Londres**, l'introduction de la *Congestion Charge* s'est accompagnée d'une baisse de 30 % de la congestion routière dès l'année suivant l'introduction du système et une réduction des accidents de 40 % depuis 2003⁷. La *Congestion Charge* a également favorisé la réduction des émissions polluantes dans la zone, qui ont baissé de l'ordre de 8 % pour les NO_x et de 7 % pour les PM₁₀. Par ailleurs, les émissions de CO₂ ont diminué de 16 % dans la zone.
- À **Singapour**, le volume de trafic dans le cœur du centre-ville à l'heure de pointe du matin, soumis à un péage depuis 1975 a fortement diminué et n'est jamais revenu, en 40 ans, à son niveau de 1975 en dépit de la croissance de la population totale, de l'augmentation des emplois dans la zone notamment dans le centre d'affaires et de la forte croissance du parc automobile total. En 1975, le trafic a diminué de 44 % à l'heure de pointe du matin lors de la mise en place du péage de zone. En revanche, aucune étude n'a évalué les effets du péage sur la pollution atmosphérique.

Des analyses socio-économiques menées *ex post* tendent à mettre en évidence la rentabilité socio-économique des péages urbains. C'est par exemple le cas de deux études relatives aux péages de décongestion mis en place à Stockholm⁸ et à Londres⁹, qui suggèrent un bilan socio-économique positif.

La suite de ce document est organisée comme suit : elle présente dans la partie 1 une typologie des péages urbains existants (systèmes technologiques, structures tarifaires, recettes, coûts et accompagnement en termes de transport en commun) ; la partie 2 présente un certain nombre de conditions destinées à maximiser la rentabilité socio-économique des péages urbains (notamment la modulation des tarifs, les technologies utilisées, la gestion des effets de bord et la durée d'exploitation) ; la partie 3 précise ensuite comment favoriser l'acceptabilité sociale de la mise en place de tels péages (communication, offre de transports en commun et dédommagement des ménages modestes) ; et, enfin, la conclusion fait le point sur la situation actuelle de la France en matière de péages urbains.

⁴ Publication « *The Stockholm congestion charge: an overview* » 2014.

⁵ Une étude récente fait état d'une baisse de la pollution de l'air de 5 à 15 %, dont 5 à 20 % pour les particules fines (PM₁₀) et le dioxyde d'azote (NO₂) qui a permis une forte réduction des crises d'asthmes chez les jeunes enfants : cf. Simeonova E. *et al.* (2018), "Congestion Pricing, Air Pollution and Children's Health", *NBER Working Paper* No. 24410.

⁶ *Particulate matter* : matières particulaires. Ce terme désigne les particules en suspension dans l'atmosphère.

⁷ Royal Economic Society, *Traffic Accident and the London Congestion Charge*, 2015.

⁸ Transek, *Cost Benefit Analysis of the Stockholm Trial*, 2006.

⁹ Transport for London, *Central London Congestion Charging Scheme: ex-post evaluation of the quantified impacts of the original scheme*, 2007.

1. Typologie des péages urbains existants à l'étranger

1.1 Quel système technologique ?

Actuellement, deux principales technologies sont utilisées dans le monde pour le contrôle permettant des péages automatiques sans arrêt du véhicule (pas de barrière ni de paiement manuel au moment du passage) :

- **Systèmes de reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation.** Par exemple, à Stockholm et Göteborg, le droit de péage est appliqué automatiquement par lecture optique des plaques d'immatriculation par des caméras situées sur les bornes de péage entourant la ville. Le propriétaire du véhicule reçoit chaque mois une facture totalisant le coût mensuel de ses passages durant le mois précédent, qu'il doit payer avant la fin du mois suivant sous peine d'une amende. Depuis fin 2010, le conducteur peut recevoir une facture sous forme électronique par l'intermédiaire de sa banque. 95-96 % des plaques seraient lues sans erreur. Un système équivalent est en place à Londres : le système fonctionne à l'aide de caméras de surveillance fixes qui enregistrent les véhicules entrant et sortant de la zone de péage, et qui permettent une lecture automatique de plaques minéralogiques. Utilisant une base de données centrale des véhicules et de leurs propriétaires, le système vérifie ensuite la nuit qui suit que, pour chaque numéro relevé, le propriétaire du véhicule concerné a bien effectué un paiement.
- **Systèmes de télépéage ou reconnaissance électronique de badges à bord des véhicules.** À Singapour, le péage mis en place en 1975 (achat d'un ticket dans les commerces de proximité permettant un accès illimité à la zone restreinte pour une journée/un mois, pas de barrière de péage, contrôle visuel sans arrêt par des agents de police postés aux points d'entrée et envoi postal d'un PV en cas d'infraction) a été transformé en 1998 en péage basé sur un système de contrôle et de paiement automatiques, l'*electronic road pricing* (ERP) qui fonctionne avec :
 - Un équipement électronique embarqué (IU - *In-vehicle unit*) à bord de chaque véhicule dans lequel est insérée une carte prépayée et rechargeable automatiquement (*Cashcard*), qui est débitée lors de chaque passage sous un portique. C'est une technologie de radiocommunication à ondes courtes (DSRC) qui est utilisée pour la communication entre l'IU et les portiques. Les IU diffèrent selon la catégorie du véhicule.
 - Des points de péage à chaque point d'entrée de la zone soumise à péage, constitués chacun de deux portiques, haut de plus de 6 mètres et espacés de 12 à 15 mètres. Le premier comporte deux antennes par file, ces antennes communiquant avec chaque IU des véhicules approchant. Il est également équipé de deux caméras de contrôle par file, prêtes à prendre des photos par l'arrière des véhicules en infraction. Le montant du péage est déduit de la *Cashcard* lors du passage du premier portique, la vérification de la bonne réalisation de la déduction a lieu lors du passage du deuxième portique et à défaut, une photo est prise du véhicule en infraction et un PV est envoyé par voie postale.
 - Un centre de contrôle.

Le système de reconnaissance électronique de badges embarqués est plus avancé que la reconnaissance optique qui est généralement financièrement plus coûteuse. Dans le cas du péage urbain de Stockholm, qui emploie un système de reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation, l'infrastructure en elle-même a coûté 2 MdSEK (soit environ 200 M€) à sa mise en service en 2006 et a été entièrement financée par l'État. À Londres, pour la *Congestion Charge* basée sur une technologie équivalente, l'investissement initial (incluant les mesures complémentaires et les travaux de *reporting*) a été de 160 M£ (soit environ 180 M€) en 2003. Par comparaison, à Singapour, le coût d'installation du système de reconnaissance électronique d'équipements embarqués, mis en place en 1998 a été évalué à environ

200 MS\$ (soit environ 130 M€), y compris le coût d'équipement et d'installation des IU¹⁰.

L'avenir devrait toutefois être marqué par le développement de nouvelles technologies, notamment fondées sur des équipements embarqués permettant le positionnement satellitaire du véhicule (systèmes GPS), permettant une tarification à la distance. À Singapour, les autorités ont ainsi annoncé en février 2016 avoir attribué pour un montant de 556 MS\$ (environ 360 M€) un marché pour développer et mettre en œuvre progressivement à partir de 2020 un nouveau système de péage urbain basé sur une technologie de géolocalisation (GNSS), au motif que le système actuel vieux de presque 20 ans devenait coûteux et difficile à maintenir. Cette nouvelle génération de péage urbain apportera plus de flexibilité, notamment grâce à une tarification en fonction de la distance parcourue, et évitera l'installation et la maintenance de portiques. Par ailleurs, les futurs OBU (*on-Board Units*, remplaçant les IU) permettront de diffuser des informations et conseils en temps réel sur le trafic et pourront être utilisés pour le paiement des parkings. Une période de transition de 18 mois est prévue entre le système actuel et son successeur.

Tableau 2 : Coûts de quelques péages urbains selon le système technologique utilisé

	Singapour	Stockholm	Londres
Population	5,3 M habitants au total sur un territoire de 720 km ^{2a}	790 000 habitants (dont 280 000 dans la zone soumise à péage) sur un territoire de 180 km ²	3,3 M habitants (<i>Inner London</i>) sur un territoire de 320 km ²
Système technologique	Equipements électroniques embarqués à bord des véhicules Mise en œuvre à partir de 2020 d'une technologie de géolocalisation (GNSS)	Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation	Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation
Coûts d'installation	Environ 200 MS\$ ^b (soit environ 130 M€) y compris le coût d'équipement et d'installation des équipements embarqués Futur système GNSS : attribution du marché pour 556 MS\$ (environ 360 M€)	Environ 2 MdSEK ^c (soit environ 200 M€)	160 M£ ^d (soit environ 180 M€)
Coûts d'exploitation annuels ^e	Environ 20 MS\$/an ^f (soit environ 12 M€)	Environ 140 MSEK/an ^g (soit environ 15 M€/an)	Environ 85 M£/an ^h (soit 95 M€/an)

Source : Retraitements DG Trésor.

- Paris et les trois départements des Hauts-de-Seine, de Seine-Saint-Denis et du Val de Marne accueillent une population comparable sur une superficie comparable : 6,72 millions d'habitants sur 762 km² (Paris seul : 2,2 millions d'habitants sur 105 km²).
- Agence publique chargée des transports terrestres (Land Transport Authority, LTA).
- Transek, *Cost Benefit Analysis of the Stockholm Trial*, 2006.
- Transport for London, présentation de Stuart Dayman, octobre 2015.
- Les différences importantes de coûts d'exploitation peuvent s'expliquer par les différences significatives selon les villes concernant le nombre de points d'accès à la zone soumise à péage : 39 à Singapour et 20 à Stockholm, contre environ 180 à Londres.
- Agence publique chargée des transports terrestres (Land Transport Authority, LTA).
- Ministère suédois des Finances.
- Transport for London, présentation de Stuart Dayman, octobre 2015.

¹⁰ Les coûts d'entretien et de maintien en opération sont allés croissants avec le temps : les autorités publiques ont indiqué 16 MS\$ en 2009, 25 MS\$ en 2009 et doivent probablement atteindre 30 MS\$ désormais. Lors d'une intervention au Parlement en 2014, le ministre des transports a indiqué que les coûts annuels de maintenance et maintien en opération de l'ensemble du système avaient crû de 80 % en une décennie et qu'une grande part du système arrivait en fin de vie et devrait être remplacé. C'est l'objet du nouveau dispositif qui doit entrer en service en 2020

1.2 Quelle structure tarifaire ?

1.2.1 Péage de zone ou péage cordon ?

En termes de structure tarifaire, on distingue les péages dits « cordon » des péages dits « de zone » :

- Les péages cordon sont des péages qui instaurent une frontière géographique autour d'une zone : tout franchissement de la frontière, y compris dans la même journée, donne lieu à un paiement. La plupart des péages actuels sont des péages cordon - par exemple Singapour et Stockholm.
- À l'inverse, les péages de zone donnent le droit de circuler librement à l'intérieur d'une zone pour une période donnée, par exemple la journée, le paiement du péage s'effectuant une seule fois pendant cette période pour circuler librement dans et autour de la zone. Ces derniers présentent une efficacité incitative moindre, notamment parce qu'ils ne maîtrisent pas les déplacements des véhicules une fois que ces derniers ont pénétré une première fois dans la zone, les ultérieures sorties/entrées dans la zone ne donnant plus lieu à paiement durant la période de validité du paiement (la journée ou plus). L'ancien péage singapourien (avant 1998) et les actuels péages de Rome et Londres sont des péages de zone.

1.2.2 Quelle modulation des tarifs ?

Certains péages présentent une forte modularité dans leur structure tarifaire, dans l'espace (en fonction de la zone et de la distance parcourue) et le temps (en fonction du jour et de l'heure) et/ou en fonction des émissions unitaires des véhicules. Une telle modularité permet de tarifier finement la congestion ou la pollution. C'est notamment le cas du péage de Singapour, qui se fonde sur un ajustement régulier des tarifs « par tâtonnement » afin d'atteindre des objectifs fixés de vitesse moyenne dans l'agglomération¹¹ : à chaque point de péage, les tarifs, revus tous les trimestres, varient chaque demi-heure en fonction des conditions de trafic effectivement constatées sur les tronçons/zones aux abords de ce point de péage durant le trimestre précédent à la même heure.

D'autres péages se contentent quant à eux de réguler les entrées des véhicules dans la zone congestionnée sans modulation tarifaire particulière : c'est le cas notamment des péages de Londres ou de Milan, ou dans une moindre mesure de Stockholm, qui a mis en place une modulation uniquement horaire. Les péages forfaitaires peuvent toutefois se rapprocher d'un péage modulé en multipliant les cordons et les tarifs s'y appliquant (par exemple : un cordon périphérique et un cordon « de cœur »), ce qui peut toutefois engendrer un accroissement substantiel des coûts du péage.

1.2.3 Quelles exemptions tarifaires ?

De nombreuses villes étrangères ont instauré des exonérations pour certaines catégories d'automobilistes. Par exemple :

- À l'intérieur des zones à trafic limité de Rome, les exemptions prévues aux péages concernent les véhicules électriques, les taxis et les personnes handicapées (munis d'un permis de circulation spécial délivré par la municipalité). Il semble cependant qu'il existe en pratique d'autres exemptions (pour certains véhicules de la commune de Rome, pour certaines ambassades, etc.). De plus, les personnes titulaires d'un abonnement annuel aux transports en commun de la ville de Rome bénéficient d'une réduction de 200 € sur le coût du permis annuel d'accès à la zone, si celui-ci est supérieur à 200 €. Le péage ne concerne ni les deux-roues motorisés, ni les vélos.

¹¹ Les tarifs sont ajustés à la hausse ou à la baisse, si nécessaire, pour maintenir la vitesse du trafic près de chaque point de péage dans une plage optimale fixée à 45-65 km/h pour les autoroutes et 20-30 km/h pour les autres routes (cœur du centre-ville et voies adjacentes aux autoroutes). Ces deux plages de vitesse sont considérées comme assurant d'une part un débit optimal compte tenu des caractéristiques physiques des voies et, d'autre part, une conduite sans à-coups intempestifs.

- Les exemptions tarifaires à **Londres** sont encore plus nombreuses. Sont exemptés de la *Congestion Charge* : les autobus, les minibus (au-delà d'une certaine taille), les taxis, les ambulances, les camions de pompiers, les véhicules de police, les motos, les véhicules à carburant alternatif, les véhicules répondant au moins aux normes Euro 5 et n'émettant pas plus de 75 gCO₂/km, les véhicules pour les personnes handicapées, les véhicules avec plus de 9 sièges et les vélos. Sont également dispensés du paiement du péage les véhicules appartenant aux autorités portuaires, aux gardes côtes de sa majesté, aux *boroughs* de Londres, aux forces armées et à la Royal Parks Agency, ainsi que les handicapés. En outre, les résidents sont presque entièrement exemptés (réduction de 90 %). Au final, selon *Transport for London*, les exemptions et réductions pour les résidents compteraient pour 50 % du trafic.
- À l'inverse, à **Singapour**, il n'existe pas d'exemption tarifaire, à l'exception des véhicules de secours, de police et des bus publics. Celles mises en place à la demande des usagers en 1975 ont été progressivement supprimées, notamment celle pour le covoiturage à quatre. Il n'existe pas non plus d'exemption pour les personnes handicapées ou les résidents, qu'ils habitent au cœur du centre-ville (qui comprend entre autres des immeubles résidentiels populaires mais qui bénéficie d'un réseau maillé de transports en commun) ou à proximité de sections autoroutières ou d'artères principales à péage. Les taxis ajoutent automatiquement le montant des péages perçus pendant une course à la facture.

1.3 Quelles recettes ?

Le tableau ci-dessous répertorie les recettes des péages urbains de Singapour, Stockholm et Londres :

Tableau 3 : Recettes des péages urbains

	Singapour	Stockholm	Londres
Système technologique	Equipements électroniques embarqués à bord des véhicules	Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation	Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation
Recettes annuelles brutes	Environ 150 MS\$/an ^a (soit environ 90 M€/an)	Environ 850 MSEK/an ^b (soit environ 90 M€/an)	Environ 210 M€/an (soit 230 M€)
Coûts d'exploitation annuels	Environ 20 MS\$/an ^d (soit environ 12 M€)	Environ 140 MSEK/an ^e (soit environ 15 M€/an)	Environ 85 M€/an ^f (soit 95 M€/an)
Recettes annuelles nettes	Environ 130 MS\$/an (soit environ 80 M€)	Environ 700 MSEK/an ^g (soit environ 75 M€/an)	Environ 125 M€/an ^h (soit 135 M€/an)

Source : Retraitements DG Trésor.

a. Service économique de Singapour, qui cite des informations diffusées dans la presse : 149 MS\$ en 2009, 159 MS\$ en 2010, environ 160 MS\$ ensuite, 152 MS\$ en 2014.

b. Ministère suédois des Finances.

c. Les différences importantes de coûts d'exploitation peuvent s'expliquer par les différences significatives selon les villes concernant le nombre de points d'accès à la zone soumise à péage : 39 à Singapour et 20 à Stockholm, contre environ 180 à Londres.

d. Agence publique chargée des transports terrestres (Land Transport Authority, LTA).

e. Ministère suédois des Finances.

f. *Transport for London*, présentation de Stuart Dayman, octobre 2015.

g. Ministère suédois des Finances.

h. *Transport for London*, présentation de Stuart Dayman, octobre 2015.

1.4 Quel accompagnement en matière de développement ou renforcement des transports en commun ?

La mise en service de péages urbains s'accompagne généralement de mesures volontaristes fortes destinées à développer et/ou rénover les réseaux de transports en commun :

- À **Londres**, la mise en place de la *Congestion Charge* a été accompagnée de mesures spécifiques au niveau du réseau de transports en commun : augmentation de l'offre de transports dans et autour de la zone (notamment +25 % pour les bus et autocars et +49 % pour le nombre de vélos via diverses mesures d'aménagement), meilleure information à destination des usagers des transports en commun et augmentation de la fréquence des trains et du métro dans la zone.
- À **Singapour**, la mise en place du péage urbain en 1975 a été décidée dans le cadre d'une politique globale des transports terrestres. Elle a été accompagnée du développement des transports en commun, initialement des bus puisque la première ligne de métro n'a été ouverte qu'en 1987.
- À **Stockholm**, une augmentation de l'offre de transports en commun a eu lieu en même temps que la mise en place du péage : presque 197 bus supplémentaires, une amélioration des parcs relais à partir d'août 2005, 16 nouvelles lignes de bus, de nouvelles places de parking (capacité accrue de 25 %), et une adaptation du réseau de métro et de train au report modal attendu.

Par ailleurs, l'installation de péages urbains à l'étranger s'est en général accompagnée d'un rehaussement des tarifs des transports collectifs urbains¹², même si la plupart du temps aucun lien direct n'a été officiellement fait avec les péages¹³. Par exemple, à Stockholm, le coût de la carte mensuelle de transport a augmenté de 32 % depuis 2006, passant de 600 SEK à 790 SEK et, à Göteborg, elle a augmenté de 25 % depuis 2011, passant de 445 SEK à 600 SEK ; à Milan également, les tarifs des transports publics ont augmenté en septembre 2011, certainement en lien avec l'entrée en vigueur du péage de décongestion Area C et l'accroissement parallèle de l'offre (augmentation des fréquences, prolongement de la ligne 2 du métro, entrée en service de la ligne 5, etc.) qui a requis une augmentation des ressources de la commune pour le transport public.

¹² Une augmentation des tarifs des transports en commun urbains peut être socialement désirable si elle est accompagnée d'une hausse du coût d'usage de l'automobile afin d'éviter un report vers la route : Bureau B. (2011), « Opportunité socio-économique d'une hausse de prix des transports collectifs franciliens », *Document de travail de la DG Trésor*.

¹³ L'augmentation du prix des transports collectifs dans les villes ayant instauré des péages urbains peut relever de différentes logiques, notamment : volonté de tirer profit de l'augmentation du coût d'usage de l'automobile permise par le péage pour diminuer la sous-tarification des transports en commun, mais aussi nécessité de dégager davantage de ressources financières dans un contexte d'accroissement de l'offre de transports collectifs - la mise en place de péages urbains s'accompagnant le plus souvent d'une hausse significative de l'offre de transports en commun.

Tableau 4 : Caractéristiques des principaux péages urbains dans le monde

Pays	Singapour	Suède		Royaume-Uni	Italie		Norvège	Lettonie	Japon
Ville et population de la ville	Singapour (5,3M d'habitants au total)	Stockholm (790 000 habitants dont 280 000 habitants dans la zone soumise à péage)	Göteborg (500 000 habitants)	Londres (8,6M d'habitants pour le Grand Londres, 3,3M d'habitants pour Inner London)	Milan (1,3M d'habitants)	Rome (2,7M d'habitants)	Oslo (660 000 habitants)	Jūrmala (57 000 habitants)	Tokyo (13,6M d'habitants) et Osaka (2,7M d'habitants)
Péage de décongestion, environnemental ou de financement	Décongestion	Décongestion + interdiction des véhicules les plus polluants	Décongestion + interdiction des véhicules les plus polluants	Décongestion (Congestion Charge) + Environnemental (LEZ et future ULEZ ^a)	Décongestion (Aera C) mais environnemental jusqu'en 2012 (Ecopass) + interdiction des véhicules les plus polluants	Décongestion + interdiction des véhicules les plus polluants	Financement	Décongestion	Péages de décongestion sur les réseaux autoroutiers métropolitains
Structure tarifaire (péage de zone ou cordon et modulation des tarifs)	Cordon Modulation horaire, zonale et selon la classe du véhicule (type et poids)	Cordon Modulation horaire + interdiction de circulation à certains véhicules polluants	Cordon Modulation horaire + interdiction de circulation à certains véhicules polluants	Zone Congestion charge : aucune modulation tarifaire i.e. montant forfaitaire ^b LEZ : montant forfaitaire selon la classe du véhicule (type et poids) pour les véhicules non conformes aux standards de la LEZ (i.e. pas d'interdiction stricte à la circulation) ^c	Zone Jusqu'en 2012 : modulation selon la classe du véhicule (impact environnemental) Depuis 2012 : Aucune modulation tarifaire i.e. montant forfaitaire + interdiction de circulation à certains véhicules polluants	Zone Modulation zonale (ZTL) et selon la classe du véhicule (impact environnemental le revenu, la catégorie d'usager (résident, médecin, etc.) + interdiction de circulation à certains véhicules polluants (zone verte)	Cordon Modulation horaire	Zone Aucune modulation tarifaire i.e. montant forfaitaire <i>Sauf</i> : existence d'une modulation des tarifs d'abonnement en fonction de la classe du véhicule (poids)	<i>n.a.</i> Aucune modulation tarifaire i.e. montant forfaitaire
Exonérations	Aucune exemption, sauf : véhicules de secours, de police et bus publics	Quelques exemptions : voitures diplomatiques, deux roues, véhicules militaires, police, ambulances, etc.	Quelques exemptions : voitures diplomatiques, deux roues, véhicules militaires, police, ambulances etc.	Congestion charge : très nombreuses dont pour les véhicules les moins polluants (représentent 50% du trafic au total) LEZ : quelques rares exemptions	Quelques exemptions : certains véhicules moins polluants ; transport public, taxis, handicapés et forces de l'ordre.	Quelques exemptions : voitures électriques, taxis, handicapés, véhicules de la commune, ambassades + réductions pour les titulaires d'un abonnement TC	Quelques exemptions : véhicules électriques + réductions pour les utilisateurs fréquents	Nombreuses exemptions : voitures électriques, résidents, services d'urgence, handicapés, voitures diplomatiques, taxis, etc. + réductions pour certains usagers	<i>n.a.</i> Réductions pour les poids lourds passant par les routes périphériques au lieu des routes traversant le centre-ville
Système technologique	Equipements électroniques embarqués à bord des véhicules (télépéage : reconnaissance électronique de badges à bord des véhicules) Mais mise en œuvre à partir de 2020 d'une technologie de géolocalisation (GNSS)	Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation au passage des véhicules aux points d'entrée et à de sortie	Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation au passage des véhicules aux points d'entrée et à de sortie	Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation au passage des véhicules aux points d'entrée et à de sortie	Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation au passage des véhicules aux points d'entrée et à de sortie	Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation au passage des véhicules aux points d'entrée et à de sortie	Combinaison de deux systèmes : Equipements électroniques embarqués (badges) à bord des véhicules + Reconnaissance optique automatique des plaques d'immatriculation afin de pouvoir enregistrer les véhicules non-équipés d'un badge embarqué.	Technologie très simple : paiement en espèce, carte bancaire ou via application mobile aux bornes. La municipalité envisage de déployer un système de reconnaissance optique des plaques d'immatriculation (avril 2018)	Equipements électroniques embarqués à bord des véhicules

Source : Retraitements DG Trésor.

- L'Ultra Low Emission Zone (ULEZ) sera mise en place progressivement à partir de 2019. Cette zone payante concernera les véhicules essence avant la norme Euro4, diesel avant la norme Euro6 et les véhicules ne répondant pas aux normes environnementales, qui devront payer une taxe journalière de £12,50 pour les voitures, vans et motos, et £100 pour les autocars, bus et poids lourds. Une mesure intermédiaire a été introduite en octobre 2017 : une « T-Charge » de 10€/jour est imposée aux véhicules ne répondant pas aux normes d'émissions.
- Les automobilistes pénétrant dans la « Congestion Charging Zone » du lundi au vendredi entre 7h et 18h doivent s'acquitter d'un péage forfaitaire journalier de £11,50 en dehors des jours fériés, des weekends et entre 18h00-07h00 les jours de semaine.
- La LEZ s'applique 24h/24 et 7 jours sur 7 (weekends et jours fériés inclus) et une modulation des tarifs est prévue en fonction de la classe de véhicule : les véhicules ne répondant pas aux standards de la LEZ doivent s'acquitter d'une somme de 100£ (fourgons, minibus, et autres véhicules spéciaux) ou 200£ (poids lourds, bus, autocars, et autres véhicules lourds spéciaux).

2. Les enseignements à tirer pour la France des péages urbains existants à l'étranger

2.1 Recommandation n°1 : mettre en place une modulation fine des tarifs mais toutefois visible et connue à l'avance par les agents afin d'agir effectivement sur leurs comportements

2.1.1 Calibrer les péages en conciliant modulation tarifaire et prévisibilité des tarifs

Afin qu'un péage urbain soit efficace, il convient de mettre en place une tarification modulée en fonction des externalités, c'est-à-dire qui dépende des distances parcourues, du jour de la semaine, de l'heure de la journée, du lieu considéré et/ou des émissions unitaires des véhicules. À cet égard, en théorie, une tarification fine évoluant par exemple en fonction de la zone et de l'horaire de la journée comme celle mise en place à Singapour s'avère préférable à une tarification forfaitaire indifférenciée comme celle pratiquée à Londres.

Par ailleurs, il apparaît préférable de favoriser les péages cordon plutôt que les péages de zone, puisqu'ils imposent un paiement à chaque franchissement de la frontière - y compris dans la même journée - contrairement aux péages de zone dont le paiement donne le droit de circuler librement dans la zone soumise à péage pour une période donnée, par exemple la journée, quel que soit le nombre de passages. Si les péages de zone sont plus faciles à mettre en œuvre, ils présentent une efficacité incitative moindre, notamment parce qu'ils ne permettent plus de suivre les déplacements des véhicules sortant et entrant plusieurs fois de la zone, une fois que ces derniers ont pénétré une première fois dans la zone. À Singapour par exemple, la transformation du péage de zone en péage cordon en 1998 a permis, la première année de mise en service du péage cordon, une baisse du trafic quotidien de 15 %.

Pour autant, une tarification finement modulée et variable est à la fois difficile à mettre en œuvre et non-souhaitable dans sa forme extrême. En effet, une modulation tarifaire parfaite à tout instant pose un problème majeur de prévisibilité - et d'acceptabilité - pour les usagers, les empêchant d'internaliser parfaitement les externalités liées à l'usage de leur voiture et donc de modifier leurs comportements de façon optimale.

Le péage de décongestion de Singapour fournit un exemple pertinent de modulation tarifaire fine et dynamique de l'externalité de congestion, associée à une visibilité et prévisibilité des tarifs grâce à une grille tarifaire claire et connue à l'avance par les automobilistes :

- Les objectifs choisis pour le système de tarification mis en place à partir 1998 ont été largement rendus publics et leur respect est évalué tous les trimestres. L'objectif du système tarifaire du péage de Singapour est de contenir le trafic près de chaque point de péage dans une plage optimale fixée à 45-65 km/h pour les autoroutes et 20-30 km/h pour les autres routes (cœur du centre-ville et voies adjacentes aux autoroutes)¹⁴. Ces deux plages de vitesse sont considérées comme assurant un débit optimal compte tenu des caractéristiques physiques des voies et une conduite sans à-coups intempestifs.
- Le système se fonde sur un ajustement régulier des tarifs « par tâtonnement » afin d'atteindre les objectifs fixés. À chaque point de péage, les tarifs, revus tous les trimestres et lors des deux mois de congés scolaires en juin et décembre, varient chaque demi-heure à la hausse ou à la baisse en fonction des conditions de trafic effectivement constatées sur les tronçons/zones aux abords de ce

¹⁴ Le péage ayant comme objectif la décongestion du trafic, il est fondé sur l'exclusion de la nuit et d'une partie du week-end. Ceci est logique dans la mesure où ce péage n'a pas pour vocation première d'apporter des recettes mais d'agir sur les comportements des automobilistes, rendant inutile son application pendant les jours où le trafic est moindre : le péage cordon de la zone du cœur de centre-ville est ainsi en service les jours de semaine (en ce moment de 8h00 à 10h00 puis de 12h00 à 20h00) et le samedi (de 12h30 à 20h00).

point de péage durant le trimestre précédent à la même heure. Lorsque la vitesse constatée¹⁵ est inférieure à la plage optimale, le tarif de la demi-heure correspondante est augmenté à l'occasion de la révision trimestrielle de manière incrémentale d'au moins 0,50 S\$ (0,35 €) ; il est à l'inverse réduit lorsque la vitesse est supérieure¹⁶. En outre, par souci de visibilité, les tarifs sont identiques chaque jour travaillé de la semaine (par ex : pour un point de péage donné, le tarif est identique à 8h30 le lundi et à 8h30 le jeudi).

- **Au final, la règle d'évolution des tarifs est claire et le péage efficace par construction** : en contrepartie d'un paiement plus ou moins important, les usagers sont assurés d'un niveau de service, c'est-à-dire d'une vitesse de circulation quasiment garantie.
- **En outre, les autorités singapouriennes ont veillé à favoriser la prise de conscience en temps réel du paiement par le conducteur au moment où il entre en zone payante afin d'assurer l'efficacité du péage sur le comportement des usagers.** Cette exigence s'est traduite à partir de 2008 par l'impossibilité de solliciter un paiement différé et par l'affichage en temps réel des tarifs de péage sur les portiques mais aussi sur chaque équipement embarqué dans les véhicules pendant quelques secondes. Certains usagers notamment, les entreprises disposant de larges flottes de véhicules, auraient souhaité pouvoir s'acquitter mensuellement des péages du mois écoulé. Cette option avait été prise en compte lors des études préliminaires du dispositif mais n'a pas été retenue pour la raison précédemment invoquée ainsi que compte tenu des coûts induits par les activités de facturation, de collecte de l'argent et de poursuite des mauvais payeurs.

2.1.2 Éviter les exonérations tarifaires

Afin qu'un péage soit efficace, il importe de limiter autant que possible les catégories d'automobilistes exonérées du péage en dépit de la tentation que cela représente afin de favoriser l'acceptabilité de la mesure.

La réussite d'une tarification optimale semble ne tolérer aucune exception. En effet, si l'octroi d'exonérations constitue un levier puissant pour obtenir l'assentiment de certaines catégories d'usagers, il peut diminuer sensiblement l'efficacité économique du système puisqu'elles s'avèrent contraires à l'objectif général de décongestion ou de réduction de la pollution urbaine. En particulier, l'exonération des taxis, des véhicules électriques, des résidents ou des covoitureurs ne se justifie pas, car ceux-ci participent au même titre que les autres automobilistes à la congestion, l'insécurité routière et l'usure des routes, de même qu'à la pollution atmosphérique pour les véhicules non électriques, et qu'ils représentent une proportion significative des circulations.

Dès lors que la vérité des prix est rétablie pour l'ensemble des modes de transport, il ne se justifie ainsi plus de baisser les coûts supportés par les covoitureurs afin d'encourager le regroupement des automobilistes et lutter contre l'autosolisme : les coûts généralisés de l'usage de l'automobile par individu sont mécaniquement abaissés pour les covoitureurs par rapport aux autosolistes, ce qui favorise naturellement le report « modal » de l'autosolisme vers le covoiturage.

¹⁵ Depuis 2008, c'est la vitesse du 85^{ème} centile qui est prise en compte pour décider d'augmenter les tarifs de péage (si cette vitesse est inférieure à la limite basse de la plage optimale) ou de les baisser (si cette vitesse est supérieure à la limite haute de la plage optimale). Auparavant, la vitesse médiane (50^{ème} centile) était utilisée mais elle conduisait à maintenir stable des tarifs de péage dans des situations pourtant proches de la congestion. Cette vitesse est calculée en tenant compte notamment des données transmises par la flotte de taxis circulant dans l'île.

¹⁶ Toutefois, depuis 2003, lorsque le tarif varie de 1\$S ou plus entre deux demi-heures consécutives, une période de transition de 5 mn est mise en place (tarif moyen entre les deux demi-heures) pour éviter les ralentissements/accélération aux abords des points de péage.

Quelques exemples étrangers montrant la sous-optimalité de la mise en place d'exonérations :

- À **Singapour**, il n'existe actuellement pas d'exemption tarifaire, à l'exception des véhicules de secours, de police et des bus publics. Un certain nombre d'exemptions qui avaient été mises en place à la demande des usagers en 1975 ont été progressivement supprimées, notamment celle pour le covoiturage à quatre. En effet, fort du constat que ces véhicules contribuaient à la congestion au même titre que les autres, cette exemption, qui générait des effets indésirables (notamment phénomène massif de montée/descente de passagers aux abords de la zone de péage encombrant la circulation et passagers offrant leurs services contre de menus paiements) a été jugée inefficace et inéquitable.
- Les exemptions tarifaires à **Londres** sont extrêmement nombreuses. Santos et Fraser (2006)¹⁷ ont mis en évidence le fait que, notamment en raison de ces nombreuses exemptions, le péage de Londres n'est un optimum ni de premier ni de second rang, même si le péage génère malgré tout du surplus collectif. En outre, la possibilité d'exemptions a eu pour conséquence que les limites de la zone ont été maintes fois modifiées suite à des demandes des populations adjacentes aux péages (les résidents de ces zones cherchant à bénéficier de la réduction de 90 % accordée aux résidents de la zone soumise à péage).

2.2 Recommandation n°2 : favoriser les technologies embarquées et le développement des technologies GPS

Parmi les deux technologies existantes actuellement, la reconnaissance électronique de badges embarqués semble être à privilégier par rapport aux technologies de reconnaissance optique des plaques d'immatriculation qui seraient généralement un peu plus coûteuses et moins efficaces socio-économiquement. Ainsi, Raux, Souche, Pons (2009)¹⁸ ont montré que les investissements financiers liés au système de reconnaissance des plaques d'immatriculation par caméra à Stockholm ont considérablement réduit le taux de rentabilité du projet suédois. Les trois auteurs affirment que la technologie DSRC, à base d'équipement embarqué à bord du véhicule (*tag*) et d'équipement en bord de route (*beacon*) pour le dialogue radio avec les véhicules, s'avère globalement moins coûteuse, peut être déployée rapidement et autorise une tarification à la distance.

Il convient par ailleurs de ne promouvoir la mise en place de péages urbains que dans des villes suffisamment peuplées où l'investissement peut alors être rentable socio-économiquement. La taille de la population des villes considérées est importante en ce qu'elle assure que les gains socio-économiques générés par le péage, fortement dépendants du trafic, soient suffisamment élevés pour couvrir les coûts d'investissement et de fonctionnement du péage. Raux, Souche, Ponche (2009) estiment que, avec les technologies actuellement utilisées, notamment la reconnaissance des plaques d'immatriculation par caméra, les péages de décongestion ne peuvent présenter un bilan socio-économique positif que dans certaines grandes agglomérations, dans des zones de taille limitée. Au final, à l'heure actuelle, lorsque sont utilisés des systèmes technologiques relativement coûteux comme les systèmes de lecture automatique des plaques d'immatriculation, un consensus semble se former sur la nécessité d'avoir une population d'au moins 300 000 à 350 000 habitants¹⁹.

¹⁷ Santos G., Fraser G. (2006), "Road pricing: lessons from London", *Economic Policy*.

¹⁸ Raux, Souche, Pons, *Trois expériences de péages urbains en Europe : évaluation et bilan socio-économique*, Rapport final pour la DRI, PREDIT, Laboratoire d'Économie des Transports, Lyon, 2009.

¹⁹ Cela a justifié l'introduction d'un seuil de population à l'article 65 de la loi Grenelle 2 qui ouvre la possibilité, pour les villes en faisant la demande, d'expérimenter des péages de décongestion ou de dépollution. La loi réserve cette possibilité aux agglomérations de plus de 300 000 habitants.

Encadré 1 : illustration de l'importance de la taille de la population sur la rentabilité socio-économique des péages urbains : les péages urbains suédois

Alors que les deux plus grandes villes de Suède, Stockholm et Göteborg, disposent d'un système de péage urbain depuis respectivement le 1^{er} janvier 2006 et le 1^{er} janvier 2013, **Malmö**, pourtant troisième plus grande ville du pays, a également songé à instaurer un péage urbain en 2012 pour permettre de financer un projet de connexion ferroviaire souterraine mais a finalement renoncé à cette idée. En effet, compte tenu de la taille de la ville (350 000 habitants), du nombre de voitures qui y circulent et de la structure des déplacements, certaines études ont estimé que l'instauration d'un péage urbain à Malmö ne serait pas rentable au niveau socio-économique.

De même, à **Göteborg**, bien qu'un péage urbain ait été mis en place, la forte opposition de la majorité des votants au péage lors du référendum sur son maintien tient sans doute aux caractéristiques de la ville (congestion plus faible qu'à Stockholm, part moins importante des transports en commun et ville très peu dense avec un centre-ville relativement restreint et une banlieue très étalée), se traduisant *in fine* par des gains de bien-être engendrés par le péage bien plus faibles qu'à Stockholm.

Il convient toutefois de garder à l'esprit l'importance de développer des systèmes fondés sur des équipements embarqués permettant le positionnement satellitaire du véhicule (systèmes GPS). De tels systèmes permettraient non seulement une tarification plus fine à la distance mais, en outre, l'absence de grandes infrastructures (installation de portiques) faciliterait les évolutions des péages, par exemple quand des évolutions de périmètre sont nécessaires pour contrer de potentiels effets de bord tels que l'augmentation du trafic aux abords de la zone soumise à péage, et autoriserait vraisemblablement à l'avenir la mise en place de péages dans des villes de tailles plus réduites.

2.3 Recommandation n°3 : s'assurer de l'existence d'alternatives crédibles à la voiture particulière en augmentant le cas échéant l'offre de transports en commun urbains

Afin que la mise en place de péages urbains permette effectivement une modification des comportements, il peut s'avérer nécessaire de renforcer l'offre de transports en commun afin de s'assurer de l'existence de solutions crédibles de report modal. Ainsi, sous réserve toutefois d'analyses socio-économiques positives, il convient de favoriser la modernisation, la rénovation ou la construction d'infrastructures dans les zones les plus denses et les plus saturées, et de favoriser le déploiement d'offres d'intermodalité (parkings relais, aires de covoiturage, etc.) dans les zones moins denses afin d'inciter à l'usage des transports en commun et des modes alternatifs.

Ces mesures de renforcement de l'offre de transports en commun ne doivent néanmoins que constituer des mesures complémentaires à la mise en place de péages urbains, et non pas des mesures alternatives. Elles ne doivent pas se substituer à la mise en place de péages urbains dans un objectif de report modal. En effet, s'il semble à première vue qu'elles puissent aider à réduire les externalités des transports en commun (notamment saturation) et de la voiture particulière (notamment congestion et pollution locale) en engendrant du report modal depuis la voiture vers les transports en commun, il est en réalité vain d'espérer résoudre les situations de saturation des transports en commun et de congestion et pollution automobiles par la seule augmentation quantitative de l'offre sans politique tarifaire appropriée. Quand le nombre de déplacements est fixe, augmenter la capacité des moyens de transport réduit certes la densité du trafic et permet des gains de temps ; toutefois, cela n'est vrai qu'à nombre de déplacements fixe, c'est-à-dire à court terme : à moyen-long terme, une plus importante capacité liée à la sous-tarification de l'usage du véhicule va attirer davantage de trafic en générant de nouveaux déplacements, ce qui va avoir *in fine* pour conséquence d'augmenter la densité du trafic et ne permettra donc pas de résoudre les externalités des déplacements, au

premier chef desquelles la congestion et la pollution²⁰.

2.4 Recommandation n°4 : ne pas limiter dans le temps les péages urbains

Les expériences étrangères mettent en exergue le fait que l'obtention d'un bilan socio-économique positif est conditionné au fait que les péages soient maintenus au moins plusieurs années afin d'amortir les coûts d'investissement et de démarrage. Par exemple, dans le cas de Stockholm, Transek (2006)²¹ a conclu à une expérience profitable à long terme, même si le retour social sur investissement était largement négatif lors de la période d'essai du système du péage. Le péage de Stockholm a généré un bénéfice social à partir de la 5^e année, et l'étude de Transek conclut que chaque année de fonctionnement supplémentaire du péage accroît de 770 M\$ (soit 80 M€) le bénéfice socio-économique du projet. Une analyse coûts-bénéfices réalisée par Eliasson (2009)²² aboutit peu ou prou à la même conclusion : elle révèle que le système de péage est rentable sur le plan socio-économique et qu'il génère même un surplus important, à condition toutefois qu'il soit maintenu plusieurs années au moins : selon cette étude, quatre années environ auraient été nécessaires à l'amortissement des coûts d'investissement et de démarrage du péage de Stockholm.

Une évaluation socio-économique rigoureuse, plutôt qu'une période d'expérimentation, est donc à prescrire avant toute mise en place de péages urbains : le risque d'un arrêt au bout de quelques années seulement et donc de perte de l'investissement initial - quand bien même le péage n'aurait d'ailleurs peut-être pas eu en réalité suffisamment de temps pour démontrer toute son efficacité - conduit à ne pas recommander la mise en place de périodes d'expérimentation de courte durée. En outre, bien que la définition d'une période de fonctionnement fixée à l'avance puisse favoriser l'acceptabilité des péages, cela ne semble pas adapté pour modifier de manière pérenne les comportements des agents. Au contraire, des péages présentant une durée de vie longue voire indéterminée semblent davantage à même de favoriser la modification durable de la structure modale des transports dans une agglomération et du comportement des agents.

2.5 Recommandation n°5 : enrayer les potentiels « effets de bord » via une définition fine du périmètre du péage

La mise en place d'un péage urbain peut entraîner des effets de bord dommageables à sa rentabilité socio-économique, notamment une augmentation du trafic autour de la zone soumise à péage.

2.5.1 Les effets de bord liés au trafic

L'accumulation du trafic autour de la zone soumise à péage peut être réduite par une définition fine du périmètre et des modifications régulières de celui-ci :

- Préalablement à la mise en place d'un péage urbain, l'organisation d'une large consultation de la population peut aider à anticiper les problèmes d'effets de bord et à déterminer de façon adéquate le périmètre du péage. Ainsi, la stratégie adoptée par le maire de Londres à l'origine du péage urbain de décongestion (*Congestion Charge*) a été de consulter les Londoniens sur une période de 18 mois en utilisant largement la radio et les journaux. Les trois paramètres du péage que sont les limites géographiques, les heures de fonctionnement et le niveau du péage, ont été influencés par les résultats de ces consultations permettant d'avoir une idée des futurs trafics. De même, une consultation a eu lieu entre novembre 2017 et février 2018 pour la définition notamment du périmètre de l'ULEZ (*Ultra Low Emission Zone*), péage environnemental qui a vocation à remplacer

²⁰ Cet effet a été mis en évidence dès 1962 par Anthony Downs dans *The law of peakhour expressway congestion*, *Traffic Quarterly* 16(3). Il est par exemple confirmé dans Duranton G. et Turner M. (2009), "The fundamental law of road congestion: evidence from US cities", *NBER Working Paper* No. 15376.

²¹ Transek (2006), *Cost Benefit Analysis of the Stockholm Trial*.

²² Eliasson J. (2009), "A cost-benefit analysis of the Stockholm congestion charging system", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.

en 2019 la LEZ (*Low Emission Zone*) mise en place en 2008, et qui s'ajoute au péage de décongestion.

- Postérieurement à la mise en place d'un péage urbain, plusieurs villes étrangères ont également procédé à des modifications/extensions de périmètre de leurs péages urbains sur la base du constat d'une augmentation de trafic autour du périmètre initialement défini. C'est notamment le cas de Singapour où la mise en place du système en 1998 a eu pour effet d'accroître significativement le trafic sur le boulevard à 2x3 voies entourant la zone de l'hyper-centre soumise au péage avec, sur la section centrale, environ +10 % de trafic dans les deux sens de circulation à l'heure de pointe du matin. Pour limiter les reports de trafic trop importants, le péage a donc ensuite été progressivement étendu hors du centre-ville aux sections autoroutières susceptibles d'être congestionnées²³ et, pour limiter les reports de trafics trop importants sur les voies adjacentes, à des voies principales du réseau adjacent à ces autoroutes²⁴.

2.5.2 Les effets de bord liés à la densification urbaine ou à l'étalement urbain

On peut initialement supposer que si les déplacements vers le centre venaient à constituer une contrainte budgétaire trop élevée, les ménages comme les entreprises seraient incités à se déplacer à l'extérieur du péage, ce qui ne serait pas souhaitable puisque générateur d'un mouvement d'étalement urbain. Une modification des coûts de transport favorise les choix de localisation vers les zones dans lesquelles le coût du transport a diminué et, symétriquement, pénalise les choix de localisation vers les zones dans lesquelles le coût du transport a augmenté. À ce titre, l'apparition d'un coût de transport automobile accru dans le centre en raison de la mise en place d'un péage urbain pourrait conduire à modifier les choix de localisation des entreprises et des ménages au-delà de la ceinture du péage, contribuant ainsi à dé-densifier la ville et accroître l'étalement urbain.

C'est notamment pour éviter les délocalisations hors du centre-ville que certaines villes ont instauré des mesures compensatoires à destination des entreprises et ménages implantés dans la zone soumise à péage. La structure tarifaire choisie pour les péages peut ainsi aider à contrer leurs effets dé-densificateurs ; c'est le cas des réductions tarifaires accordées aux résidents et commerçants des zones soumises à péage, comme la réduction de 90 % accordée à Londres aux ménages habitants dans le périmètre de la *Congestion Charge*.

Toutefois, il apparaît que la mise en place d'un péage urbain pourrait à l'inverse avoir pour conséquence d'engendrer, outre une réduction de la pollution et du trafic automobiles, une densification accrue dans la zone soumise à péage et autour des axes formés par les transports en commun reliés au centre. En effet, la mise en place d'un péage urbain a essentiellement pour conséquence d'accroître le coût des déplacements automobiles entre le centre et sa périphérie, et une telle augmentation du coût du transport pourrait avoir pour conséquence d'inciter efficacement les ménages et les entreprises à s'installer dans le centre de l'agglomération, ce à quoi on pourrait rajouter l'effet densificateur d'un surcroît d'attractivité de la zone centrale permis par la réduction de la pollution atmosphérique. Des études récentes conduisent à penser que cet effet densificateur des péages urbains domine de potentiels effets inverses : concernant les localisations des ménages, une étude récente du CGDD de novembre 2016²⁵ a, sur la base du calibrage d'un modèle mono-centrique sur l'agglomération parisienne, mis en évidence des effets densificateurs nets. Cela peut en revanche conduire à des hausses relatives des prix fonciers dans la zone située à l'intérieur du péage et à proximité immédiate des gares de transports collectifs bien reliées au centre urbain soumis au péage.

²³ Ce sont 27 sections d'autoroute qui disposent d'un tel point de péage, en service les jours de semaine, majoritairement - 20 sections - à l'heure de pointe du matin et dans une moindre mesure - 10 sections - à l'heure de pointe du soir.

²⁴ 11 points de péage sont aujourd'hui installés sur des voies principales du réseau non-autoroutier et sont en service à l'heure de pointe du matin les jours de semaine.

²⁵ Virely B. (2016), « Politiques de tarification des transports et formes urbaines », CGDD, SEEID.

3. Les conditions de l'acceptabilité des péages urbains par la population

3.1 Recommandation n°1 : mettre en place une large campagne de communication sur les effets positifs des péages en termes de congestion et/ou de baisse de la pollution

La mise en place d'un péage urbain devrait idéalement faire l'objet d'une sensibilisation des usagers par la mise en place d'une large campagne de communication sur les impacts positifs du péage. En effet, l'acceptabilité des systèmes de péages urbains est avant tout conditionnée à la perception de la situation de départ par les citoyens : il faut que la congestion et la pollution soient perçues comme de réels problèmes ou que des investissements paraissent nécessaires pour rendre un péage acceptable. À ce titre, une campagne de communication relayant les résultats obtenus à l'étranger et sur les premiers mois/années de la mise en service du péage peut s'avérer particulièrement pertinente, comme ce fut le cas à Stockholm. Les résultats relayés doivent mettre évidemment en évidence l'impact positif du péage sur la congestion et la pollution locale, mais il convient également de rassurer les populations concernant des effets négatifs potentiellement anticipés, par exemple l'effet du péage sur le commerce dans le centre²⁶.

Encadré 2 : exemple de la campagne de communication à Stockholm

Alors que tous les partis politiques (à l'exception des Verts) et une large majorité de la population s'opposaient au lancement du projet en 2006, les impacts positifs sur la congestion et la qualité de l'environnement urbain observés durant la période test (janvier-juillet 2006) ont été à l'origine d'un revirement des positions des dirigeants politiques et de la population. Selon l'étude *The Stockholm congestion charges – 5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt* (Börjesson M. ; Eliasson J. ; Hugosson M. B. ; Brundell-Freij K.), 40 % seulement des habitants de la capitale s'exprimaient pour la mise en place d'un péage urbain à Stockholm en 2004 et 2005. Seulement quelques semaines avant la mise en place de l'expérimentation, ce taux était descendu à 36 %. Cependant, toujours selon la même étude, quelques semaines après le début de l'expérimentation, 52 % des habitants de Stockholm soutenaient le péage urbain. Ainsi, les habitants de la ville de Stockholm ont voté en faveur du projet lors du référendum local organisé après la période de test en septembre 2006 compte tenu de son impact positif sur l'environnement et la congestion.

La raison de cette acceptation du péage par la population de Stockholm est que, durant toute la période de test du péage, les résultats positifs obtenus (décongestion et pollution) ont été chiffrés et largement relayés dans les médias. En effet, durant toute la durée de l'expérimentation appelée « *Stockholmsförsöket* » (« *la tentative de Stockholm* »), des rapports ont été publiés chaque mois sur un site dédié (stockholmforsoket.se) encore accessible aujourd'hui, renseignant sur le nombre de passages journaliers, la qualité de l'air, l'accessibilité, les recettes perçues, les effets sur le réseau de transport en commun, etc. Un rapport final a également été présenté à la fin de l'expérimentation. Pour finir, la ville de Stockholm a beaucoup communiqué sur l'expérimentation avec des conférences de presse régulières. Le fait de publier un grand nombre d'études, de communiquer régulièrement et d'organiser des conférences de presse tout au long de l'expérimentation a permis aux habitants de Stockholm de se rendre compte rapidement des bienfaits du péage urbain. Un sondage réalisé en mai 2011 montrait que 70 % de la population interrogée vivant dans la région de Stockholm était favorable au maintien du péage urbain.

²⁶ Bien souvent, les péages urbains n'ont pas d'effet négatif sur le commerce au sein de la zone soumise à péage, en raison d'une amélioration de la fluidité du trafic pour les livraisons et de l'existence d'un réseau de transport en commun développé. Ainsi, par exemple, à Stockholm, aucun effet négatif n'a été enregistré sur le commerce compte tenu de l'amélioration des délais de livraison et du fait que la plupart des automobilistes « disparus » se sont quand même rendus au centre-ville par transport en commun.

Outre une campagne de communication ciblée sur les bienfaits du péage urbain, il importe de mettre également en place une campagne de communication destinée à expliquer en détail le fonctionnement du système à la population. En effet, il apparaît que l'une des causes majeures du rejet des péages urbains est la relative méconnaissance non seulement de ses impacts mais également du système lui-même :

- Le cas d'**Edimbourg** en 2005 est à cet égard révélateur. La ville d'Edimbourg avait étudié la mise en place d'un péage urbain depuis déjà une dizaine d'années lorsqu'elle a décidé de mener un référendum sur la question en février 2005. Les citoyens ont rejeté ce projet par 74,4 % de réponses négatives. Ce résultat a aussi porté un coup d'arrêt à des projets similaires dans d'autres villes de Grande-Bretagne, bien que la réglementation nationale permette depuis 2000 aux collectivités la mise en place de péages urbains. Or, il semblerait que la principale cause de rejet du péage d'Edimbourg par les votants ait précisément été, outre la restriction de l'usage de l'automobile, la connaissance limitée du projet par la population²⁷.
- À l'inverse, à **Singapour**, le déploiement en 1998 du système technologique actuellement en vigueur (ERP) a fait l'objet de campagnes de communication et d'information pendant plus d'un an avant son introduction expliquant précisément les différences avec le système précédent, notamment le fait que des péages seraient perçus à chaque passage : envoi à tous les propriétaires de brochures d'information sur le fonctionnement du système et la localisation des centres d'installation des équipements embarqués (les *In-vehicle Units* ou IU), distribution de documentation dans les centres d'installation sur le fonctionnement de l'IU et des conseils d'utilisation, campagnes de communication dans les journaux, radios et médias télévisés, mobilisation de la presse, réunions publiques dans les organisations de quartier et campagne d'affichage dans les *community centres*.
- De même, à **Stockholm**, les habitants savaient comment le système fonctionnait dès le premier jour grâce à un travail de pédagogie et d'explication mené en amont par la ville, les agences suédoises de transport et la presse.

Enfin, la conduite d'une consultation publique préalablement à la mise en place d'un péage afin de recueillir l'avis de la population sur les principaux paramètres du péage, comme le périmètre, semble également de nature à favoriser son acceptation. Comme mentionné *supra*, à Londres, la mise en place du péage urbain de décongestion (*Congestion Charge*) a été précédée d'une consultation des habitants pendant 18 mois et a concerné trois paramètres : les limites géographiques, les heures de fonctionnement et le niveau du péage.

3.2 Recommandation n°2 : l'acceptabilité peut aussi être favorisée par un renforcement de l'offre de transports en commun accompagnant la mise en place du péage

Sous réserve d'analyses socio-économiques positives, l'acceptabilité d'un péage urbain peut être facilitée par le fait de renforcer l'offre de transports collectifs en parallèle de la mise en place du péage, même si cela ne devrait idéalement pas passer par une affectation des recettes du péage vers le financement des nouvelles infrastructures. Par exemple :

- À **Rome**, l'ampleur des résistances à l'instauration des péages urbains en 1996 aurait surtout été liée aux carences des transports publics, qui ont été très peu renforcés et améliorés, alors même que la circulation privée était fortement réduite à l'intérieur du centre.
- En **Suède**, le gouvernement a joué un rôle clé dans l'introduction des péages urbains à Stockholm et Göteborg en acceptant de cofinancer, en contrepartie de l'introduction du péage, des grands projets d'infrastructures locaux. À titre d'illustration du mécanisme, les recettes du péage, de l'ordre de 100 M€/an à Stockholm, sont versées au budget général, mais elles sont pré-affectées à la construction de projets d'infrastructures au niveau local, sachant que les coûts d'installation du

²⁷ Ademe, « État de l'art sur les péages urbains », juin 2014.

péage (environ 200 M€) et de fonctionnement (15 M€/an) sont portés par l'État. Les revenus de la taxe ont ainsi permis de financer des projets d'infrastructure de transport contribuant à améliorer la qualité de l'air au centre-ville et de nouveaux projets routiers (maintenance du réseau existant et construction de nouvelles autoroutes). Cette contrepartie a permis de faire accepter plus facilement le projet aux municipalités voisines de la capitale et à leurs habitants qui font des déplacements pendulaires chaque jour dans la région. Aujourd'hui, 50 % des fonds perçus par le péage urbain sont reversés au projet de contournement routier de la capitale (*Förbifart Stockholm*)²⁸ dont les travaux sont actuellement en cours et devraient permettre une mise en service du contournement en 2025.

- À **Londres**, l'intégralité des recettes nettes du péage sont affectées à l'amélioration des transports. De 2003 à 2013, environ £1,2 milliards (soit 46% des revenus nets) ont été investis dans le transport, l'amélioration des routes, des ponts publics et des régimes de marche et le vélo. Parmi ceux-ci, un total de £960 millions a été investi sur l'amélioration du réseau de bus.

Toutefois, ce critère apparaît moins déterminant que la sensibilisation des usagers sur les effets positifs du péage, en particulier si les nouveaux projets de transport envisagés ne paraissent pas opportuns. En effet, il apparaît que si l'accompagnement de la mise en place d'un péage par un renforcement de l'offre de transports peut certes constituer un facteur d'acceptabilité important, mettre en évidence le péage avant tout comme une occasion de renforcer l'offre d'infrastructures existantes est généralement mal accepté par la population, notamment dans le cas d'une affectation directe des recettes du péage vers le financement d'infrastructures comme l'illustre le cas du péage urbain de Göteborg (*cf. encadré infra*).

Encadré 3 : exemple de la campagne de communication à Göteborg

Contrairement à ce qui a eu lieu à Stockholm, le péage urbain de Göteborg aurait davantage été présenté comme un moyen de financer des projets d'infrastructures de transport que comme un moyen d'améliorer la qualité de l'air et l'accessibilité de la ville, ce qui aurait constitué la cause principale du rejet du péage par la population. La principale motivation mise en avant par les dirigeants politiques a été d'obtenir le co-financement par l'État d'un grand projet d'infrastructure Västsvenska Paketet qui comprend une série d'investissements dans les transports urbains, ferroviaires régionaux et routiers (34 MdSEK d'investissement) selon un montage financier inspiré du projet d'infrastructure stockholmois de 100 MdSEK (*Förbifart*, *Mälarbanan*, etc.) co-financé par l'État à 50 % et par le péage urbain de Stockholm. Le péage urbain de Göteborg contribuera à hauteur de 14 MdSEK durant une période de 25 ans. Cet argument, présenté avant l'intérêt environnemental et l'objectif de réduire la congestion, n'a pas séduit la population : la population locale était opposée au projet de péage en 2012 avant son introduction en janvier 2013 et une majorité (57 %) a voté contre le péage lors du référendum de septembre 2014. Malgré cela, la commune de Göteborg (social-démocrate) a décidé en mars 2015 de maintenir le péage.

3.3 Recommandation n°3 : prendre en charge le coût des équipements nécessaires pour les usagers, sous réserve d'un coût limité pour les finances publiques

Afin de favoriser l'acceptabilité du péage, la prise en charge totale ou partielle du coût des équipements embarqués nécessaires pour rentrer dans la zone à péage (badge ou GPS notamment) pourrait être envisagée, sous réserve d'un coût limité pour les finances publiques, comme cela a par exemple été fait à Singapour. En

²⁸ Concrètement, la construction proprement dite sera financée par un prêt auprès de l'Agence nationale de la dette (*Riksgälden*) remboursé ultérieurement par le produit de la taxe. D'un montant total de 28 MdSEK (environ 3,1 Md€), le projet sera financé à hauteur de 23 Md SEK (2,5 Md€) par la taxe sur la congestion, les 5 MdSEK (550 M€) restants étant financés par l'État. En 2013, l'État, la région et les villes de Stockholm, Nacka, Järfälla et Solna ont signé l'Accord de Stockholm (*Stockholmsöverenskommelsen*), par lequel la région et l'État se sont engagés à financer le prolongement de deux lignes de métro et de la création d'une nouvelle ligne, tandis que les municipalités sont chargées de construire 74 000 nouveaux logements dans les quartiers nouvellement desservis. Il a été convenu que le péage urbain de Stockholm financerait près de 50 % du projet, soit environ 9 MdSEK (environ 962 M€).

effet, à Singapour, en 1998, lors du déploiement du système actuellement en vigueur, plusieurs mesures d'accompagnement ont été mises en œuvre notamment pour gagner la confiance des usagers : les équipements embarqués nécessaires (IU) ont été fournis et installés gratuitement dans 200 centres habilités pour les 680 000 propriétaires de véhicules déjà en circulation pendant les dix mois précédant la mise en service du système²⁹. De même, les futurs OBU (*On-Board Units* remplaçant les IU) seront pris en charge par les autorités pour les véhicules déjà immatriculés.

4. L'utilité de mesures d'accompagnement des ménages modestes dépend notamment du contexte spatial et social

La mise en place d'un péage urbain peut entraîner une désincitation à aller travailler - voire à se déplacer pour tous motifs économiques - des ménages modestes résidant dans des espaces non desservis par les transports collectifs. La forme circulaire d'un péage urbain affecte les déplacements de la périphérie vers le centre et conduit à l'apparition d'une discontinuité des coûts de transport supportés par les agents économiques selon leur localisation. La part modale de la voiture diminue dans la plupart des espaces situés à l'extérieur de la zone soumise à péage au profit des transports collectifs mais, en dehors des espaces desservis par les transports collectifs, l'augmentation des coûts d'utilisation du véhicule individuel conduit à des hausses importantes des coûts de transport qui peuvent toucher durement les ménages modestes.

Dans ce contexte, de nombreuses villes ayant introduit des péages urbains ont mis en place des dispositifs compensatoires pour les ménages modestes. Les questions d'équité et d'effets redistributifs sont des questions peu abordées dans les travaux relatifs aux péages urbains, notamment en raison d'un manque de données, mais la question est loin d'être secondaire puisque les péages urbains sont souvent accusés d'accroître la précarité des ménages et d'augmenter les inégalités sociales :

- La ville de **Rome** a mis en place une modulation des tarifs en fonction du revenu, afin que ceux-ci soient socialement plus équitables : la définition du tarif du péage est complexe et dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels les revenus du foyer. Par exemple, les résidents paient un abonnement annuel plus faible s'ils ont un revenu modeste : pour une famille de résidents d'une zone à trafic limité ayant un revenu inférieur à 15 000 € annuels, le permis d'accès à toutes les zones à trafic limité de Rome coûte entre 94 et 125 € l'année, selon le type de véhicule.

Toutefois, ce dispositif apparaît peu opportun car il conditionne l'aide à la possession d'un véhicule et n'incite donc pas à reporter les déplacements vers les transports collectifs. À ce titre, des compensations forfaitaires aux ménages modestes qui ne soient pas liées au fait de se déplacer en voiture seraient préférables. Par ailleurs, pour des raisons de lisibilité du système fiscal-social, il serait plus pertinent d'augmenter les minima sociaux plutôt que de mettre en place une aide dédiée moins efficace.

- La ville de **Stockholm** a quant à elle décidé d'ouvrir la déductibilité du péage urbain des impôts aux particuliers pour lesquels l'usage de la voiture permet un important gain de temps par rapport aux transports en commun : toutes les personnes qui gagnent plus de deux heures par jour en prenant leur voiture pour se rendre à leur travail au lieu de prendre les transports en commun peuvent demander une déduction d'impôts pour les coûts liés à ces déplacements (prix de l'essence, usure de la voiture, péage urbain compris) pour la tranche des coûts qui dépasse 10 000 SEK/an (soit environ 1 070 €). Par ailleurs, les personnes qui conduisent plus de 3 000 km dans l'année dans le cadre de leur travail ont également le droit de demander une déduction d'impôts pour les coûts liés aux trajets professionnels en voiture qui dépassent les 10 000 SEK/an.

²⁹ Après la mise en place du système, les automobilistes devaient déboursier 150 S\$, soit environ 100 €.

Si ce dernier dispositif, qui dépend directement du nombre de déplacements effectués et donc de l'intensité d'utilisation du véhicule n'apparaît pas pertinent, le précédent apparaît quant à lui davantage opportun car il est nettement mieux ciblé que celui mis en place à Rome. Il vise en effet uniquement les ménages pour lesquels les alternatives en termes de transports en commun leur imposent des temps de transports excessifs. Il peut toutefois *in fine* inciter les ménages à aller s'installer dans des zones éloignées - incitation accrue par l'absence de dégressivité dans le temps de l'aide - et se traduire par une augmentation de l'étalement urbain et un accroissement de la ségrégation spatiale. Ainsi, là encore, pour les ménages qui travaillent en zone rurale ou dans des zones peu desservies par les transports en commun et qui se rendent dans le centre-ville pour leur travail, une compensation forfaitaire pour les dépenses de transport domicile-travail non conditionnée à la possession d'un véhicule et passant par une augmentation des *minima* sociaux apparaît davantage pertinente.

Néanmoins, de manière générale, outre la faible pertinence des dispositifs compensatoires spécifiques mis en place par certaines villes, il apparaît que la mise en place d'une compensation pour les ménages modestes ne semble pas systématiquement justifiée. En effet, les études empiriques disponibles montrent que le caractère régressif ou progressif des péages urbains dépend fortement des particularités des villes concernées (contexte spatial et social) et de la configuration des péages. Selon Santos et Rojey (2004)³⁰, le péage peut être soit régressif (les ménages aux plus bas revenus sont les plus taxés en proportion de leur revenu) soit progressif (les groupes aux revenus élevés sont les plus taxés en proportion de leur revenu) en fonction (i) de la localisation résidentielle des différents groupes sociaux (notamment le taux de communes enclavées, c'est-à-dire peu desservies par les transports collectifs, autour de la zone soumise à péages) et (ii) de leurs lieux d'activités et de leurs manières de se déplacer (nombre relatif de ménages aux bas revenus utilisant déjà les transports en commun avant la mise en place du péage).

À Stockholm par exemple, la taxe de congestion a été jugée progressive car les consommateurs les plus modestes se déplaçaient déjà pour beaucoup en transport en commun en raison notamment d'un réseau de métro très étendu, des frais de parking en ville bien plus importants que le coût du transport en commun, des amendes de stationnement élevées (supérieures à 100 €) ou bien encore des coûts des véhicules dont celui du carburant. Pourtant, le caractère potentiellement régressif de la taxe (finalement non avéré) et la ségrégation avec les banlieues (pas d'effets majeurs observés ; le débat opposait alors les Stockholmlois et les résidents des communes environnantes qui réalisaient des migrations pendulaires quotidiennes pour se rendre sur leur lieu de travail en ville) constituaient les principaux arguments des opposants au projet de péage au moment de l'expérimentation.

³⁰ Santos G., Rojey L., *Distributional impacts of road pricing: the truth behind the myth*, Transportation, 2004.

5. Conclusion : où en est la France en matière de péages urbains ?

Il n'est aujourd'hui pas possible de mettre en place des péages urbains en France. L'article 65 de la loi Grenelle II³¹ a certes ouvert, pour les autorités organisatrices des transports qui ont fait la demande, la possibilité d'expérimenter des péages de décongestion ou de dépollution dans les agglomérations de plus de 300 000 habitants et pour trois ans maximum. Auparavant, seuls les péages d'infrastructures relatifs aux ouvrages d'art, tunnels ou viaducs (hors réseaux autoroutiers) étaient légalement autorisés en France et ils étaient destinés à assurer le financement de ces infrastructures. Toutefois, le décret d'application de la mesure n'a jamais été pris (l'article 65 prévoit que le montant du péage est fixé par l'autorité organisatrice dans la limite d'un plafond défini par décret en Conseil d'État), ce qui rend dans les faits impossible l'expérimentation de péages urbains.

Par ailleurs, le dispositif actuellement prévu dans la loi ne semble pas complètement opportun d'un point de vue économique et appellerait des ajustements, notamment parce que le dispositif actuel ouvrant la possibilité de lancer des expérimentations de péages urbains a prévu un dispositif borné dans le temps, et sur une durée très courte (trois ans maximum). Pourtant, l'amortissement des investissements initiaux nécessaires requiert bien davantage que trois ans, plutôt de l'ordre de huit ans. Il faudrait donc changer le dispositif pour le mettre davantage en ligne avec la réalité économique des péages urbains et ne pas borner la mesure dans le temps. La loi prévoit en outre que les collectivités ne sont autorisées à installer un péage urbain « qu'après la mise en place d'infrastructures et de services de transport collectif susceptibles d'accueillir le report de trafic lié à l'instauration du péage ». Cette condition ne devrait être appliquée que si ces nouvelles infrastructures ou services ont un bilan socio-économique positif. Dans ce contexte, lors du discours de clôture des Assises de la mobilité le 13 décembre 2017, le ministre des Transports a annoncé que la future loi d'orientation des mobilités devrait permettre de simplifier les normes pour faciliter le recours aux péages urbains.

Concernant spécifiquement les péages urbains environnementaux, leur mise en place en France pourrait s'appuyer sur la création récente des zones à circulation restreinte (ZCR) et des certificats qualité de l'air. Les ZCR ont été créées par la loi de transition énergétique pour la croissance verte³², dans le cadre des mesures ouvertes aux communes pour lutter contre la pollution atmosphérique due à la circulation automobile. Dorénavant, les maires peuvent, dans une zone couverte par un plan de protection de l'atmosphère, restreindre la circulation pour les véhicules les plus polluants, sur tout ou partie des voies de la commune, en créant une ZCR. Les ZCR succèdent aux zones d'actions prioritaires pour l'air (ZAPA) qui avaient été créées par l'article 182 de la loi Grenelle 2³³ mais abandonnées par la suite. L'obtention des certificats qualité de l'air, dénommés vignettes Crit'Air et distinguant les véhicules en fonction de leur niveau de pollution, est nécessaire soit pour pouvoir circuler en permanence dans les ZCR³⁴, soit pour pouvoir y circuler lors de pics

³¹ Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement : « Dans les agglomérations de plus de 300 000 habitants dotées d'un plan de déplacements urbains approuvé prévoyant la réalisation d'un transport collectif en site propre, une tarification des déplacements effectués au moyen de véhicules terrestres à moteur, dénommée « péage urbain », peut être instituée, à titre expérimental et à la demande de l'autorité organisatrice des transports urbains, pour limiter la circulation automobile et lutter contre la pollution et les nuisances environnementales ».

³² Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

³³ Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

³⁴ Comme à Paris depuis janvier 2017. Une première zone à circulation restreinte a été mise en place à Paris le 1^{er} septembre 2015. Celle-ci interdisait l'accès des poids lourds, bus et autocars immatriculés avant le 1^{er} octobre 2001. Depuis le 1^{er} juillet 2016, les voitures et les utilitaires légers immatriculés avant respectivement le 1^{er} janvier 1997 et le 1^{er} octobre 1997 et les deux-roues motorisés d'avant le 1^{er} juin 1999 sont également interdits dans la capitale. À compter du 15 janvier 2017, Paris est devenue la première véritable zone à circulation restreinte (ZCR) en France. Les véhicules circulant dans Paris devront obligatoirement s'équiper d'un certificat qualité de l'air, « Crit'Air ». Les véhicules les plus polluants, dits « non classés », ne peuvent pas l'obtenir et ne pourront pas rouler dans Paris intramuros de 8h à 20h en semaine. Les bois de Vincennes et Boulogne ne sont pas concernés, de même que le boulevard périphérique, mais des réflexions sont engagées pour étendre la mesure au-delà des limites de Paris. D'autres étapes de restrictions de circulation sont prévues entre 2018 et 2020, qui seront précisées dès que les textes d'application de la loi de transition énergétique relatifs aux zones à circulation restreinte seront publiés.

de pollution³⁵. Il pourrait donc être possible de s'appuyer sur ce dispositif facilitant l'identification des véhicules selon leur caractère plus ou moins polluant pour mettre en place des péages urbains environnementaux, en modulant les tarifs des péages selon la vignette Crit'Air des véhicules, c'est-à-dire selon leur degré d'émission de polluants atmosphériques.

³⁵ Comme à Grenoble depuis novembre 2016 et Lyon depuis janvier 2017.

Annexe : analyse socio-économique des péages de décongestion de Londres et Stockholm

Des analyses socio-économiques *ex post* ont estimé la rentabilité socio-économique des péages urbains de décongestion mis en place à Stockholm et à Londres, et ont mis en évidence leurs bénéfices socio-économiques et leur bilan socio-économique positif³⁶. Dans ces deux villes, la mise en place d'un péage urbain a eu un impact direct sur la réduction du trafic dans la zone.

- À Stockholm, l'introduction du péage de décongestion s'est traduite par une baisse du trafic de 20 % dès 2006, qui s'est accentuée chaque année depuis 10 ans. En termes de durée de circulation, la durée du retard sur un même trajet a été réduite d'un tiers durant les périodes de pointe. En outre, les émissions de polluants auraient baissé de 14 %³⁷ à l'intérieur du cordon compte tenu de la réduction du trafic³⁸.

En reprenant les données d'une étude du cabinet de conseil Transek (2006)³⁹, il est possible d'estimer une valeur actuelle nette socio-économique (VAN-SE) du péage urbain de Stockholm. Avec des coûts d'investissement initiaux de 2,88 MdSEK⁴⁰, des gains nets annuels moyens de 424 MSEK⁴¹ (cf. tableau ci-dessous) et un taux d'actualisation de 4,7 %⁴², on obtient une VAN-SE sur 10 ans de 445 MSEK et sur 20 ans de 2,5 MdSEK, soit une VAN-SE largement positive traduisant la création de valeur collective permise par le péage.

³⁶ Les chiffrages fournis dans cet encadré, notamment concernant les coûts d'investissement et d'exploitation des péages, diffèrent quelque peu des chiffrages fournis dans le reste de ce document de travail, en raison de l'emploi de sources de données différentes - études de Transek, TfL ou réponses fournies à la DG Trésor par les services économiques à l'automne 2016 - mais les ordres de grandeurs demeurent toutefois les mêmes.

³⁷ Page 28 (en suédois) :

<http://www.stockholmsforsoeket.se/upload/Rapporter/Ekonomin%C3%A4ringsliv/Under/Samh%C3%A4llsekonomisk%20analys%20av%20Stockholmsf%C3%B6rs%C3%B6ket%200618.pdf>

³⁸ Une étude récente fait état d'une baisse de la pollution de l'air de 5 à 15 %, dont 5 à 20 % pour les particules fines (PM₁₀) et le dioxyde d'azote (NO₂) qui a permis une forte réduction des crises d'asthmes chez les jeunes enfants : cf. Simeonova E. et al. (2018), *Congestion Pricing, Air Pollution and Children's Health*, NBER Working Paper No. 24410.

³⁹ Transek, *Cost Benefit Analysis of the Stockholm Trial*, 2006.

⁴⁰ En appliquant aux 1,8 MdSEK d'investissements un coût de distorsion et d'opportunité des fonds publics (COFP) de 1,53.

⁴¹ Dans l'étude : 344 MSEK de gains nets annuels incluant 53 MSEK d'amortissement des investissements et 28 MSEK de distorsion et coût d'opportunité sur ces amortissements que nous réintégrons dans les gains nets annuels, soit 424 MSEK, afin de pouvoir estimer une valeur actuelle nette (VAN) socio-économique.

⁴² Taux recommandé pour un projet de transport urbain par le rapport du groupe de travail présidé par Emile Quinet « L'évaluation socio-économique des investissements publics » de septembre 2013.

Décomposition des gains nets annuels du péage urbain de Stockholm :

Gains ou pertes socio-économiques	Valorisation en MSEK par an
Effets pour les usagers (voiture particulière + transports en commun)	-58
Gains de temps	704
Gains de fiabilité	78
Coûts du péage (tarifs)	-763
Réduction de la mobilité (éviction)	-13
Coûts du maintien du niveau de confort pour les usagers des bus	-64
Environnement et autres externalités	211
Bénéfices environnementaux	86
Amélioration de la sécurité routière	125
Effets pour les finances publiques	273
Recettes du péage	763
Recettes additionnelles bus	184
Coûts de fonctionnement du péage (hors amortissement des coûts fixes)	-220
Coûts d'amélioration de l'offre de transports en commun	-341
Variation des recettes fiscales	-53
Distorsion et coût d'opportunité (dont COFP, hors amortissement des coûts fixes)	-62
Total gains nets annuels	424

Source : Étude de Transek 2006 ; retraitements DG Trésor.

- À **Londres**, les évaluations socio-économiques réalisées par le responsable du système (TfL, 2007)⁴³ concluent que le péage de décongestion (la *Congestion Charge*) génère un gain de bien-être collectif. TfL a réalisé deux études, l'une relative à l'effet du péage initial à 5 £, l'autre à l'effet de l'augmentation du péage à 8 £ : le bilan socio-économique s'établit à 71 M£ annuels dans le premier cas et à 101 M£ annuels dans le second cas.

En reprenant les données de l'étude de TfL, il est possible d'estimer une valeur actuelle nette socio-économique du péage urbain de décongestion de Londres. Avec des coûts d'investissement initiaux de 235 M£⁴⁴, des gains nets annuels moyens de 140 M£⁴⁵ (cf. tableau ci-dessous) et un taux d'actualisation de 4,7 %, on obtient une VAN-SE sur 10 ans de 860 M£ et sur 20 ans de 1,5 Md£, soit une VAN-SE largement positive traduisant là-encore la création de valeur collective permise par le péage.

⁴³ Transport for London, *Central London Congestion Charging Scheme: ex-post evaluation of the quantified impacts of the original scheme*, 2007.

⁴⁴ En appliquant aux 196 M£ d'investissements un coût d'opportunité des fonds publics (COFP) de 1,2.

⁴⁵ Dans l'étude, en supposant un tarif constant à 8 £ : 101 M£ de gains nets annuels, incluant 25 M£ d'amortissement des investissements et 14 M£ de coût d'opportunité sur ces amortissements que nous réintégrons dans les gains nets annuels, soit 140 M£, afin de pouvoir estimer une valeur actuelle nette (VAN) socio-économique.

Décomposition des gains nets annuels du péage urbain de Londres à 8£ selon TfL :

Gains ou pertes socio-économiques	Valorisation en £M par an
Effets pour les usagers (voiture particulière + transports en commun)	47
Gains de temps	263
Gains de fiabilité	40
Économies de coûts d'exploitation (dont carburant)	30
Coûts de transaction (inscription du véhicule, temps pour payer, etc.)	-19
Coûts du péage (tarifs)	-236
Réduction de la mobilité (éviction)	-31
Effets pour la collectivité	17
Baisse des accidents	14
Baisse des émissions de gaz à effet de serre	2
Baisse des émissions de NO _x et PM ₁₀	1
Impact financier lié aux bus supplémentaires	1
Coûts d'exploitation	-18
Recettes d'exploitation	19
Baisse des recettes de parkings privés	-10
Effets sur les finances publiques	85
Pertes de recettes de taxe sur les carburants	-27
Pertes de TVA	-14
Coûts de fonctionnement du péage (hors amortissement des coûts fixes)	-109
Recettes du péage	236
Baisse des recettes de parkings publics	-15
Distorsion et coût d'opportunité (COFP, hors amortissement des coûts fixes)	14
Total gains nets annuels	140

Source : Étude de Transport for London 2007 ; retraitements DG Trésor.

Bibliographie

Armeliuss H., Hultkrantz L. (2006), "The politico-economic link between public transport and road pricing: an ex-ante study of the Stockholm road-pricing trial", *Transport Policy*.

Bureau B (2011), « Opportunité socio-économique d'une hausse de prix des transports collectifs franciliens », *Document de travail de la DG Trésor*.

Börjesson M., Eliasson J., Hugosson M. B., Brundell-Freij K. (2012), "The Stockholm congestion charges - 5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt", *Transport Policy*.

Downs A. (1962), "The law of peakhour expressway congestion", *Traffic Quarterly* 16(3).

Duranton G., Turner M. (2009), "The fundamental law of road congestion: evidence from US cities", *NBER Working Paper* No. 15376.

Eliasson J. (2014), "The Stockholm congestion charges: an overview", *Centre for Transport Studies Stockholm*.

Eliasson J. (2014), "The Stockholm congestion pricing syndrome: how congestion charges went from unthinkable to uncontroversial" (no. 2014:1), *CTS Working Paper*, Centre for Transport Studies, KTH Royal Institute of Technology.

Eliasson J., Jonsson L. (2011), "The unexpected "yes": Explanatory factors behind the positive attitudes to congestion charges in Stockholm", *Transport Policy*.

Eliasson J. (2010), "So you're considering introducing congestion charging? Here's what you need to know: An FAQ based on Stockholm's experiences" (no. 2010-04), *International Transport Forum Discussion Papers*.

Eliasson J. (2009), "A cost-benefit analysis of the Stockholm congestion charging system", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.

Eliasson J. (2008), "Lessons from the Stockholm congestion charging trial", *Transport Policy*.

Eliasson J., Mattsson L.-G. (2006), "Equity effects of congestion pricing: Quantitative methodology and a case study for Stockholm", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.

Frey B. S. (2003), "Why Are Efficient Transport Policy Instruments so Seldom Used?", In J. Schade & B. Schlag (Eds.), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier, Oxford.

Hamilton C. J., Eliasson, J. (2012), "Decisive factors for the acceptability of congestion pricing", In C. J. Hamilton (Ed.), *Implementing Road Pricing: Standards, Institutions, Costs, and Public Acceptance*, Centre for Transport Studies, KTH Royal Institute of Technology.

Hårsman B., Quigley J. M. (2010), "Political and public acceptability of congestion pricing: Ideology and self-interest", *Journal of Policy Analysis and Management*.

Hårsman B., Pädam S., Wijkmark B. (2000), "Ways and means to increase the acceptance of urban road pricing" (Final report from the PRIMA project), European Commission.

IAURIF (2008), « Le péage urbain de Stockholm : bilan de l'expérimentation ».

Ieromonachou P., Potter S., Warren J. (2006), "Norway's urban toll rings: evolving towards congestion charging?", *Transport Policy*.

Jones P. (2003), "Acceptability of Road User Charging: Meeting the Challenge", In J. Schade & B. Schlag (Eds.), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier, Oxford.

Karlström A., Franklin J. P. (2009), *Behavioral adjustments and equity effects of congestion pricing: Analysis of morning commutes during the Stockholm Trial*, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.

Kottenhoff K., Brundell Freij K. (2009), "The role of public transport for feasibility and acceptability of congestion charging: The case of Stockholm". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.

Leape J. (2006), "The London congestion charge", *Journal of Economic perspectives*, vol. 20, n°4.

Le Boennec R. (2014), « Externalité de pollution versus économies d'agglomération : le péage urbain, un instrument environnemental adapté ? », *Revue d'économie Régionale & Urbain*.

Mackie P. (2005), *The London congestion charge: a tentative economic appraisal. A comment on the paper of Prud'Homme and Bocajero*, *Transport Policy*.

Prud'Homme R., Koop P. (2007), "The Stockholm toll: an economic evaluation".

Prud'Homme R., Bocajero J.-P. (2005), « Le péage de congestion dans le centre de Londres : un essai d'évaluation », Rapport pour le PREDIT, janvier 2005.

Prud'Homme R., Bocajero J.-P. (2005), « L'expérience du péage de Londres », *Transports*, mars-avril 2005.

Quinet E. (1998), « Principes d'économie des transports », *Economica*, Paris.

Raux C., Brun G. (2014), « État de l'art sur les péages urbains : Objectifs recherchés, dispositifs mis en œuvre et impact sur la qualité de l'air », rapport de l'Ademe.

Raux C., Souche S., Pons D. (2009), « Trois expériences de péages urbains en Europe : évaluation et bilan socio-économique », *Rapport final pour la DRI*, PREDIT, Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon.

Royal Economic Society (2015), "Traffic Accident and the London Congestion Charge".

Santos G., Fraser G. (2006), "Road pricing: lessons from London", *Economic Policy*.

Santos G., Rojey L. (2004), "Distributional impacts of road pricing: the truth behind the myth", *Transportation*.

Schade J., Baum M. (2007), "Reactance or acceptance? Reactions towards the introduction of road pricing", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.

Simeonova E. et al. (2018), "Congestion Pricing, Air Pollution and Children's Health", *NBER Working Paper No. 24410*.

Small K. (2004), "Road pricing and public transport", *Research in transportation economics*.

Transek (2006), "Cost Benefit Analysis of the Stockholm Trial".

Transport for London (2007), "Central London Congestion Charging Scheme: ex-post evaluation of the quantified impacts of the original scheme".

Virely B. (2016), « Politiques de tarification des transports et formes urbaines », CGDD, SEEID.