

**Laboratoire d'Economie
des Transports**

Unité Mixte de Recherche du CNRS n° 5593
Université Lumière Lyon 2 - ENTPE

Trois expériences de péage urbain en Europe : évaluation et bilan socio-économique

Rapport final

Décembre 2009

PREDIT

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et
de la Mer

CGDD / DRI

Lettre de commande 07MTE042

Rapport Final Péage Urbain Cde 07MTE042 version finale corrigée.doc

Ce document devrait être référencé de la manière suivante :

Charles RAUX, Stéphanie SOUCHE, Damien PONS (2009) *Trois expériences de péage urbain en Europe : évaluation et bilan socio-économique*. Rapport final pour la DRI. PREDIT. Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon.

LABORATOIRE D'ECONOMIE DES TRANSPORTS
(UMR 5593 CNRS)

A L'UNIVERSITE LUMIERE-LYON 2 :	A L'ECOLE NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'ETAT :
LET ISH 14, avenue Berthelot 69363 LYON Cedex 07 Téléphone +33 (0) 4 72 72 64 03 Télécopie +33 (0) 4 72 72 64 48	LET ENTPE rue Maurice Audin 69518 VAULX-EN-VELIN Cedex Téléphone +33 (0) 4 72 04 70 46 Télécopie +33 (0) 4 72 04 70 92

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
1 METHODOLOGIE D'EVALUATION.....	3
1.1 Le modèle de péage de congestion standard	3
1.2 La question des bénéfices pour les transports collectifs	7
1.3 Le point de vue de la collectivité publique, CMFP, COFP.....	16
2 EVALUATION DU <i>CONGESTION CHARGING</i> DE LONDRES	19
2.1 Le péage de zone de Londres.....	19
2.2 Les différentes évaluations économiques du péage de Londres	23
2.3 Analyse critique des évaluations économiques	32
2.4 Les autres impacts du péage de Londres.....	46
2.5 Quels enseignements retirer du péage de Londres ?.....	47
3 EVALUATION DE LA <i>CONGESTION TAX</i> DE STOCKHOLM	49
3.1 Le péage de Stockholm.....	49
3.2 Aspects méthodologiques	52
3.3 Les différentes évaluations	53
3.4 Analyse critique des évaluations	60
3.5 Synthèse : un bilan en demi-teinte	69
3.6 Des évaluations ex-ante de l'équité du péage de Stockholm.....	72
4 EVALUATION DU PEAGE D'OSLO	75
4.1 Le contexte national et local	75
4.2 Le péage de cordon d'Oslo	76
4.3 Le fonctionnement du péage de cordon d'Oslo	78
4.4 Le bilan du péage d'Oslo	79
4.5 Les controverses autour du « <i>Oslo Package 3</i> ».....	82
4.6 Conclusions et perspectives	82
CONCLUSION.....	85
REFERENCES	89

Résumé

Le péage urbain revient sur le devant de la scène européenne avec les succès apparents du péage du centre de Londres (depuis 2003), de Stockholm (expérience de 2006) et, plus ancien, d'Oslo (depuis 1991). Ce rapport présente une évaluation socio-économique de ces trois expériences.

Ces dernières offrent l'opportunité d'évaluer *in vivo* les effets du péage sur le fonctionnement de systèmes de transport en milieu urbain. A travers ces évaluations, ce rapport cherche à répondre à trois catégories de questions :

- Les politiques suivies génèrent-elles du surplus collectif ? Autrement dit, le bilan des avantages et des pertes au sens économique est-il positif (*l'efficacité* au sens économique) ? A cela il faut ajouter une évaluation de l'équité de ces mesures, à partir de la littérature empirique disponible.
- Est-ce effectif à réduire la circulation automobile et dans quelles conditions ? Un objectif recherché également à travers ces politiques de péage est de réduire la circulation automobile, afin d'en prévenir les conséquences négatives sur l'environnement et le cadre de vie en ville. Il s'agit de traiter ici *l'effectivité* de ce type de mesure.
- Enfin, comment la mise en œuvre de ce type de mesure a-t-elle été gérée au plan politique, comment cette mesure a-t-elle pu être acceptée ? Sur ce point, il s'agit d'apporter seulement un éclairage, en particulier sur l'historique de la mesure et des éventuels rapports de forces qui se sont établis, à partir de la littérature.

Cette évaluation mobilise les méthodes standards du calcul économique. Elle vise toutefois à expliciter et rendre plus rigoureux le traitement d'un certain nombre de questions méthodologiques. Le modèle de congestion utilisé pour évaluer les avantages de la décongestion est le modèle standard qui repose sur un équilibre statique représenté par l'intersection entre une courbe de demande et une courbe débit-vitesse classique. Ce modèle a été porté sur tableur, afin de calculer les gains de décongestion dans les deux expériences de Londres et de Stockholm. Pour ce qui concerne les bénéfices des transports collectifs, nous utilisons un modèle simulant explicitement le « cercle vertueux » de la décongestion et du financement pour les transports collectifs, fondé sur un modèle original de K. Small. Enfin, la méthode d'évaluation, du point de vue des finances publiques, intègre explicitement les coûts marginaux et d'opportunité des fonds publics.

Les trois chapitres suivants exposent nos évaluations des cas de Londres, Stockholm et Oslo.

Le péage urbain de Londres (*London Congestion Charging Scheme*) est en œuvre depuis février 2003. C'est un péage de zone appliqué initialement à une zone centrale de 22 km². Les objectifs annoncés étaient de réduire la congestion par l'instauration du péage, d'améliorer radicalement le service des bus (à l'aide des recettes du péage) et la fiabilité des durées de déplacement en automobile, ainsi que de rendre la livraison des marchandises et le fonctionnement des services plus efficaces. Nous exposons brièvement le contexte national et local ayant permis la mise en place du péage, ainsi que les caractéristiques de son fonctionnement, puis nous en analysons les effets et l'acceptabilité.

Deux évaluations économiques du péage de Londres sont présentées, celle de *Transport for London* (TfL) et celle de Prud'homme et Bocarejo, puis analysées et comparées. A partir de cette analyse et du calcul du gain de décongestion opéré à l'aide du modèle évoqué précédemment, nous proposons notre propre bilan économique.

Du fait de l'impact des gains de temps, nous présentons deux estimations globales : l'une, pessimiste, restreint les gains de temps à la zone à péage (*Charged area*), l'autre, optimiste, considère la totalité des gains de temps sur les trois zones (*Charged, Inner et Outer areas*). En outre, nous présentons de manière optionnelle les gains dus à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours (en voiture et en bus). Dans le premier cas le bilan est négatif. Il devient tout juste positif (3 M€ par an) si l'on considère les effets du péage sur Londres au-delà de la seule zone à péage. Pour obtenir ce résultat positif, il faut mobiliser les gains de temps marginaux en voiture particulière en dehors de la zone à péage, mais aussi les gains en fiabilité pour les usagers de la voiture particulière ainsi que pour les passagers des bus. Ce bilan devient nettement plus positif avec l'augmentation du péage à 8£ (opérée en 2005), la demande en voiture particulière semblant alors assez inélastique au péage au-delà des 5£.

Il est clair que le bilan socio-économique du péage de Londres est plombé par le coût de la technologie de contrôle et de perception du péage, ce qu'avaient pointé Prud'homme et Bocarejo. TfL mène une série d'études sur des technologies alternatives, à base d'équipement embarqué permettant le positionnement satellitaire du véhicule (GPS) et ouvrant la voie à la tarification selon la distance. Une alternative serait 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. Cette technologie, déjà en œuvre dans de nombreux péages électroniques routiers de par le monde, pourrait être déployée plus rapidement et autoriserait également une tarification à la distance. Cependant, elle exige que tous les véhicules soient équipés ou de prévoir un traitement ad hoc pour les véhicules non équipés entrant occasionnellement dans la zone, ce qui, dans le cas de Londres, peut se révéler fort coûteux.

Concernant les effets distributifs du péage, nous n'avons pas connaissance de travaux sur cette question dans le cas du péage de Londres, et nous ne disposons pas de données suffisamment détaillées pour mener ce type d'analyse. Les exemptions et réductions sont nombreuses, et la plus importante d'entre elles est la réduction de 90% du tarif de péage accordée aux résidents internes à la zone, pour un véhicule par résident, sans oublier les taxis. La littérature empirique indique, sans surprise, que les plus gros gagnants sont les résidents de la zone, les conducteurs de taxis et leurs passagers, ainsi que les conducteurs de voiture particulière à forte valeur du temps.

Notre propre évaluation socio-économique est un oui prudent à la question de l'amélioration du bien-être de la collectivité dans le cas du péage de Londres. Cette amélioration est tenue dans le cas du péage initial à 5£ mais plus nette dans le cas du péage à 8£. Cependant, ce diagnostic est tempéré par les questions qui font débat : la mesure des améliorations de vitesse, la valorisation des gains de temps marginaux et la valorisation des améliorations de fiabilité dans la durée des déplacements.

Au-delà de l'évaluation socio-économique, l'expérience du péage de Londres montre comment une volonté politique forte, conjuguée à un consensus sur le caractère critique de la situation, a permis de passer outre l'impopularité de cette mesure qui paraissait initialement insurmontable. L'application initiale à une zone limitée, où les usagers de la voiture particulière sont minoritaires, avec une politique de ristourne étudiée, a permis de mettre ce type de politique « sur les rails ». Le tarif a été augmenté en 2005 et la zone étendue en 2007. Le nouveau maire, élu en mai 2008, a décidé en fin 2008 de supprimer l'extension de la zone de péage, mais sans remettre en cause le tarif.

Le péage de Stockholm a vu le jour en 2006 pour une période d'essai de 7 mois (3 Janvier – 31 Juillet 2006). Les diverses évaluations existantes et la nôtre ont été faites sur la base de cette période d'essai. Il s'agit d'un péage de cordon encerclant le cœur de la ville de Stockholm (35 km², environ 280.000 habitants) avec 18 portes de péage. De par sa géographie

particulière, il est relativement aisé d'en contrôler les accès avec un petit nombre de portes en entrée ou en sortie des ponts routiers reliant les îles entre elles.

A son issue, en septembre 2006, l'expérience a été soumise à référendum, le même jour que les élections locales et nationales, qui virent la victoire d'une alliance de la droite modérée sur la gauche, au pouvoir jusqu'alors au plan national ainsi qu'à Stockholm. Le nouveau gouvernement a décidé de réintroduire le péage de congestion en juillet 2007.

Malgré certaines ressemblances avec le péage de Londres, il s'agit d'un programme qui présente quelques particularités notables : une congestion nettement moins sévère, un péage de cordon et non de zone, un tarif nettement moindre, et l'accent mis sur les avantages environnementaux de la baisse de circulation. Enfin, les autorités de la municipalité de Stockholm se sont essayées au risque du référendum et ont été confortées dans leur choix. Mais les référendums officieux des communes avoisinantes ont mis au jour le conflit latent entre centre et périphérie, quant à ce type de péage.

Deux évaluations sont présentées, l'une de Transek, un bureau d'études suédois commandité par les autorités de Stockholm, l'autre de Prud'homme et Kopp. Nous analysons ces évaluations et, comme dans le cas de Londres, nous proposons notre propre bilan.

La grande sensibilité des résultats aux mesures de vitesse, comme dans le cas de Londres, nous amène à proposer une fourchette de valeurs, avec un bilan économique compris entre - 26 M€ et + 33 M€. Les objectifs initialement fixés ont été remplis. Le trafic dans le centre a été réduit, les émissions polluantes ont diminué et le bien être dans le centre a augmenté comme l'attestent les enquêtes de satisfaction.

Les résultats soulignent donc que le péage est une politique efficace mais au coût certain. Les investissements financiers réduisent considérablement le seuil de rentabilité du projet suédois. Si les contraintes sont fortes pour des raisons souvent topologiques et géographiques, il est primordial, lors de l'instauration de tels projets, de limiter les coûts du système de perception au maximum afin que l'investissement soit le plus viable possible.

Enfin, soulignons que cette évaluation se base sur les 6 mois d'essai. Les bilans à paraître après la première année de fonctionnement définitif du péage de Stockholm apporteront un éclairage important.

L'expérience des péages urbains en Norvège, longue de plus de vingt ans, est instructive à plus d'un titre. Il s'agit de péages orientés vers le financement du développement des capacités de transport. Cette expérience montre également que le péage urbain n'est pas réservé à des agglomérations millionnaires voire multi-millionnaires, mais qu'il s'applique aussi à des villes de taille moyenne, de moins de 100.000 habitants.

Ces péages font à chaque fois partie de paquets de financement de plusieurs projets, essentiellement routiers, paquets dans lesquels le gouvernement central s'est engagé à allouer des fonds à hauteur des recettes des péages perçus localement. Du fait de cet objectif de financement, les péages urbains norvégiens sont mis en place pour une durée limitée, celle nécessaire à la réalisation des projets d'infrastructures. La mise en place de ces péages résulte d'initiatives locales qui doivent être approuvées par le Parlement.

Cette législation implique aussi que, contrairement à la France, il n'est pas exigé de lien direct entre l'usage par l'automobiliste de l'infrastructure nouvellement construite et la perception du péage. C'est ainsi que la loi norvégienne n'interdit pas la mise en place de péages de cordon ou de zone sur les réseaux existants pour financer le développement des routes. En outre, la législation restreignait initialement l'usage des ressources collectées au financement de la route, ce qui explique la faible part des dépenses prévues pour les autres modes

(aménagement pour les piétons et les cyclistes, priorités et voies réservées pour les transports publics) ainsi que pour les aménagements de l'environnement urbain. Cependant, à Oslo, du fait des accords politiques qu'il a fallu négocier, cette difficulté a été contournée en allouant une partie des fonds gouvernementaux aux transports publics.

Le péage de cordon d'Oslo est un péage de cordon, mis en place en 1990, souvent présenté comme un exemple de réussite. Son but était de financer un système de roades et de tunnels routiers et, par là même, décongestionner le centre ville.

Le tarif du péage d'Oslo est faible et a entraîné des changements minimes en termes de trafic, et les recettes produites sont donc conséquentes. La technologie est triviale : présence de quelques caméras de contrôle à un nombre réduit de portes d'entrée dans le cordon, et badges de reconnaissance automatique.

Le bilan économique du péage d'Oslo pour la première année complète de service est uniquement constitué d'éléments financiers. En effet, aucun gain de temps n'a été constaté sur l'infrastructure. Les niveaux de pollution de l'air n'ont pas varié, le bruit est réduit là où les nouvelles routes empruntent des tunnels, tandis que le cadre de vie a été amélioré grâce au management de la circulation et la reconquête des espaces publics en surface, notamment dans le centre.

Les seuls avantages considérés ici sont alors formés par les coûts marginaux des fonds publics (CMFP). Quand, dans les cas de Londres et Stockholm, le CMFP avait un impact négatif sur le bilan, il a ici une influence positive puisque les transferts des conducteurs vers le gestionnaire du péage sont beaucoup plus importants que les coûts de perception du péage. Le CMFP qui s'applique aux recettes comme aux dépenses vient alors bonifier le bilan qui est largement positif. Comme on le voit dans le cas d'Oslo, plus l'écart entre les recettes et les coûts est important, plus le CMFP joue son rôle de multiplicateur dans le bon sens. Enfin, quelles que soient les valeurs retenues pour le COFP, le péage d'Oslo est rentable.

Rappelons brièvement les ingrédients du succès dans l'acceptation des péages urbains norvégiens : un objectif palpable, à savoir le financement d'un programme précis d'amélioration des infrastructures de transport et donc une durée finie ; une répartition territoriale des avantages non limitée à la zone interne au cordon ; la « carotte » du gouvernement central pour inciter les autorités locales à sauter le pas ; une part des recettes affectée aux transports en commun pour achever de convaincre ; un tarif bas et dégressif ; le péage électronique pour faciliter la vie de l'automobiliste ; et une volonté politique forte malgré l'opposition de la population.

Du point de vue des modèles utilisables pour évaluer les surplus des usagers, il faut souligner la robustesse raisonnable du modèle de congestion standard. Ce dernier, appliqué à l'aide de paramètres d'entrée validés dans le cas de Londres – comme la valeur du temps des automobilistes –, permet de retrouver des valeurs de surplus compatibles avec celles issues de modèles plus sophistiqués mis en œuvre par TfL. Bien sûr, l'application de ce modèle standard avec une valeur du temps et des vitesses moyennes est critiquable si on cherche la précision des résultats, comme ce pourrait l'être dans le cas d'une infrastructure à péage dont l'équilibre financier dépend de manière critique de ces estimations. Il est peu probable que dans notre cas la recherche d'une plus grande précision change l'ordre de grandeur de l'évaluation de ces gains de décongestion.

Tout autres sont les impacts de plusieurs autres paramètres sur les bilans finaux de ces programmes de péage. En tout premier nous rappellerons l'extrême sensibilité de l'évaluation du gain de décongestion aux mesures de vitesses sur le réseau routier : des erreurs de + ou –

10% sur la vitesse à vide ou la vitesse avant péage se traduisent, selon les cas, par un doublement, voire un triplement du gain de décongestion.

De même, on peut s'interroger sur la prise en compte des gains de temps marginaux : dans le cas de Londres, ces gains de l'ordre de 36 secondes au maximum pour 10 km parcourus, ramenés à des quantités très élevées de trafic, doublent au minimum l'estimation du gain de décongestion.

L'amélioration de la fiabilité des temps de parcours en voiture particulière, de même que celle de la ponctualité des bus, sont des avantages qu'il convient de quantifier pour les inclure dans le bilan. Dans le cas de Londres, TfL les estime à un niveau proche de la moitié des gains de temps des passagers des bus. Les méthodes d'évaluation de cette fiabilité sont loin de faire l'objet d'un consensus, et il s'agit à l'évidence d'un thème de recherche à explorer.

Les durées d'amortissement des infrastructures, qu'il s'agisse de celles de péage ou des véhicules de transports collectifs supplémentaires, jouent également un rôle important dans l'évaluation du bilan global.

Enfin, à la liste standard des composantes du bilan socio-économique, il nous a paru essentiel d'ajouter les coûts des fonds publics, qu'il s'agisse des coûts marginaux ou des coûts d'opportunité. Ces coûts jouent un rôle non négligeable dans le bilan, en positif ou en négatif, et ce rôle est appelé à s'amplifier avec la rareté croissante des fonds publics.

Tout cela nous amène à conclure que, plutôt qu'un chiffre unique de bilan socio-économique, ce sont plutôt des plages de valeurs qu'il faudrait afficher.

Avec toutes les réserves précédentes, les résultats apparaissent mitigés avec un bilan soit négatif, soit positif, selon les bornes d'intervalle considérées, que ce soit pour Londres ou pour Stockholm. Peut-être pourrait-on ajouter que le bilan penche du côté positif à Londres lorsque l'on considère l'effet de l'augmentation du tarif de péage survenue en 2005.

On peut toutefois considérer que les objectifs de ces programmes sont effectivement atteints, puisque la circulation a baissé – essentiellement dans la zone à péage –, les émissions polluantes ont également baissé à Stockholm, et les programmes semblent acceptés. Mais si les objectifs sont globalement atteints, c'est, répétons-le, au prix d'une possible inefficacité économique.

En outre, nous avons pu à l'aide du modèle de Small, calculer (ou actualiser) le rendement du « cercle vertueux » du péage sur le fonctionnement des bus. Rappelons que ce cercle vertueux résulte d'un report modal des automobilistes qui se transfèrent sur les bus, de la réduction de la congestion, grâce au péage, qui permet d'accroître la vitesse des bus, ce qui permet à l'opérateur de faire des économies de coût d'exploitation, et enfin d'une adaptation plus optimale de l'offre par l'opérateur, ce qui lui permet d'attirer de nouveaux clients. Ces résultats mettent en évidence une politique optimale qui pourrait être suivie par les opérateurs des bus, quant à la variation de l'offre de bus ou des tarifs, à la baisse ou à la hausse. L'exemple de Stockholm montre que, quand l'amélioration de vitesse des bus n'est pas au rendez-vous, le cercle vertueux fonctionne très imparfaitement puisque la hausse de clientèle s'accompagne d'une hausse de coûts d'exploitation.

Très différent est le bilan socio-économique à Oslo. Ce dernier est nettement positif car, en l'absence de gains de décongestion, ce sont les gains en coûts marginaux de fonds publics provenant des recettes de péage qui font le bilan : ce gain découle du fait que cette nouvelle ressource publique n'a pas été obtenue par un prélèvement distorsif.

En outre, quand on compare le bilan d'Oslo et ceux de Londres et Stockholm, on ne peut que souligner l'effet multiplicateur des coûts des fonds publics. Le CMFP joue en positif sur les

recettes de péage et en négatif, conjointement au COFP, sur les coûts d'infrastructure et d'exploitation du péage. Plus l'écart entre les recettes et les coûts est élevé, plus le gain en CMFP sera élevé, et inversement. Plus les coûts de perception du péage sont élevés, plus la perte en COFP est élevée, et inversement.

Les coûts de perception du péage sont d'un niveau considérable dans les deux cas de Londres et de Stockholm, à l'opposé du cas d'Oslo. Ces trois cas montrent que la technologie du péage et son coût sont intimement liés aux objectifs du péage et à la configuration qui en découle, que ce soit au plan géographique, tarifaire ou de son fonctionnement.

Au vu de ces trois expériences, on serait tenté de conclure que – avec les technologies mises en œuvre – le péage « de congestion » est un luxe que certaines grandes agglomérations assez riches pourraient se payer, et encore en l'appliquant à des zones de taille limitée. A l'opposé, l'exemple norvégien correspond plutôt à un schéma où les recettes sont maximisées en touchant une aire plus large quitte à fixer un tarif modéré, et où également les coûts de perception sont minimisés avec une technologie plus rustique quoique totalement électronique. Les coûts techniques des systèmes de péage sont, à l'évidence, un facteur critique de leur bilan économique.

Enfin, les questions d'équité et d'effets redistributifs ont été assez peu abordées dans ce rapport, parce que nous n'avons pas de données suffisamment détaillées à disposition. Seules les études disponibles ont été passées en revue. Ce qui ne veut pas dire que ces questions soient secondaires dans notre esprit, bien au contraire. Le péage urbain est souvent accusé de renforcer les inégalités sociales. A l'opposé, les vérifications empiriques montrent qu'on ne peut dresser *a priori* de conclusions universelles sur les impacts redistributifs des programmes de péage urbain. Avant même d'envisager des compensations, le péage peut être soit progressif soit régressif, en fonction de l'application particulière à chaque ville : dans le résultat final interviennent la configuration du péage selon les trois paramètres (géographie, tarifs, horaires), la localisation résidentielle des différents groupes sociaux, leurs lieux d'activités et leurs manières de se déplacer. Dans chaque application, les autorités locales peuvent régler finement les paramètres du péage de manière à le rendre progressif et, s'il est régressif, elles peuvent élaborer par l'utilisation des recettes des compensations envers les perdants.

Nous espérons que les conclusions de ce rapport contribueront utilement au débat sur le péage urbain qui ne manquera pas de s'engager dans telle ou telle agglomération française, suite à l'inscription de la possibilité d'expérimentation dans la loi « Grenelle II ».

Introduction

Le péage urbain revient sur le devant de la scène européenne avec les succès apparents du péage du centre de Londres, de Stockholm et, plus ancien, d'Oslo. On ne compte plus en Europe le nombre de villes qui l'envisagent ou l'ont envisagé.

Soulignons d'emblée que le « péage urbain » qui fait controverse ici, est celui qui consiste à faire payer l'automobiliste pour entrer ou circuler dans une zone ou dans un corridor, en permanence ou à des heures particulières, celles de plus forte demande. Les échappatoires sont alors limitées, car circuler à des heures où le péage ne fonctionne pas, changer de destination ou d'itinéraire, ou changer de mode de transport est difficile voire impossible, et l'automobiliste rechigne à devoir payer pour quelque chose qu'il avait l'habitude d'utiliser gratuitement. La question de l'acceptabilité de cette nouvelle mesure s'invite alors dans le débat.

La congestion routière résulte d'une inadéquation entre le flot de véhicules qui cherchent à circuler sur l'infrastructure et la capacité que cette dernière peut offrir. Elle est provoquée par chacun des véhicules et occasionne à tous des pertes de temps, des retards à destination, générateurs d'inconfort et de stress. Il en découle des pertes de productivité pour les entreprises qui doivent livrer ou se faire livrer des marchandises, avec la désorganisation et le risque de perte de compétitivité qui s'ensuit pour la ville. La congestion dégrade également la productivité des transports collectifs dont les bus ne peuvent être toujours protégés de la circulation automobile, d'où une perte de part de marché et une aggravation du déficit des transports publics. Cette congestion traduit, comme nous le verrons, un manque de gestion efficace à court terme, auquel les économistes proposent de remédier par le péage.

Le développement des routes semble la réponse la plus évidente pour répondre aux pointes de trafic, mais la création de surcapacités uniquement pour répondre à des pointes temporelles serait également un gaspillage. En outre, cette solution se heurte à la difficulté d'insérer de nouveaux ouvrages dans des tissus urbains déjà densément occupés, d'où des coûts d'investissement qui dépassent les capacités financières de la collectivité.

A l'heure où est écrit ce rapport, on peut constater que la France s'est dotée d'un cadre législatif assez restrictif qui a malgré tout autorisé quelques projets d'autoroutes urbaines réussies, comme le tunnel Prado-Carénage à Marseille, ou l'A14 et la future A86 à l'ouest de Paris, mais explique aussi le semi-échec de TEO à Lyon. Ce cadre législatif n'autorise, en milieu urbain, que des applications du péage de financement, que nous connaissons bien pour les liaisons interurbaines, et dans certaines limites bien définies. La loi n'autorise la perception de péages que sur les usagers directs de la nouvelle infrastructure à financer. Les péages de cordon ou de zone sont jusqu'à maintenant interdits¹.

Et pourtant, plusieurs agglomérations en France sont confrontées, comme leurs consœurs à l'étranger, aux problèmes de la maîtrise de la circulation automobile et des atteintes à l'environnement qui en découlent, conjointement à la rareté du financement public pour les alternatives à la route. Suivant les prescriptions déjà anciennes de l'analyse économique, le

¹ la loi « Grenelle II », promulguée en juillet 2010, autorise désormais l'expérimentation du péage urbain dans les agglomérations de plus de 300.000 habitants.

péage est un instrument efficace pour réguler le trafic. Il participe ainsi à la mise en œuvre de politiques durables de transport et de mobilité.

Il est donc intéressant d'analyser et de faire un bilan des expériences de péage urbain dans les trois agglomérations européennes de Londres (depuis 2003), Oslo (depuis 1991) et Stockholm (expérience de 2006).

Une littérature significative sur ces expériences a été produite (cf. références infra), des données assez riches sont disponibles et de premières études ont été produites. Nous proposons dans cette recherche de mettre en œuvre une méthodologie commune pour évaluer ces trois applications. Ce faisant, nous chercherons à comprendre et évaluer ces expériences, pour, non pas envisager le simple transfert de ces solutions particulières, mais en tirer des enseignements sur ce qui pourrait être mis en œuvre en France.

Les expériences dans les trois agglomérations européennes précitées offrent l'opportunité d'évaluer *in vivo* les effets du péage urbain sur le fonctionnement de systèmes de transport en milieu urbain. A travers ces évaluations nous chercherons à répondre à trois catégories de questions :

- Les politiques suivies génèrent-elles du surplus collectif? Autrement dit, le bilan des avantages et des pertes au sens économique est-il positif (*l'efficacité* au sens économique)? A cela il faut ajouter également une évaluation de l'équité de ces mesures, qui sera approchée à travers une estimation des effets redistributifs quand cela est possible.
- Est-ce effectif à réduire la circulation automobile et dans quelles conditions? Un objectif recherché également à travers ces politiques de péage est de réduire la circulation automobile, afin d'en prévenir les conséquences négatives sur l'environnement et le cadre de vie en ville. Il s'agit de traiter ici *l'effectivité* de ce type de mesure.
- Enfin, comment la mise en œuvre de ce type de mesure a-t-elle été gérée au plan politique, comment cette mesure a-t-elle pu être acceptée? Sur ce point, il s'agira d'apporter seulement un éclairage, en particulier sur l'historique de la mesure et des éventuels rapports de forces qui se sont établis, à partir de la littérature.

Dans un premier chapitre nous présentons les éléments méthodologiques de notre évaluation, avec notamment le modèle de congestion utilisé pour évaluer les avantages de la décongestion, ainsi que le modèle d'évaluation des bénéfices pour les transports collectifs. Les trois chapitres suivants exposent nos évaluations des cas de Londres, Stockholm et Oslo². Nous terminons en conclusion par les enseignements que nous retirons de l'évaluation de ces expériences de péage urbain.

² Nous ne traiterons pas ici, par manque de recul et de données, du cas du péage environnemental dans le centre de Milan, ou du péage environnemental visant les poids lourds à Londres.

1 Méthodologie d'évaluation

Notre évaluation mobilise les méthodes standards du calcul économique. Elle vise toutefois à expliciter et rendre plus rigoureux le traitement d'un certain nombre de questions méthodologiques. Nous présentons tout d'abord le modèle de congestion utilisé pour évaluer les avantages de la décongestion. Ensuite, la question des bénéfices des transports collectifs est abordée à l'aide d'un modèle simulant explicitement le « cercle vertueux » de la décongestion et du financement pour les transports collectifs. Enfin, nous présentons la méthode d'évaluation du point de vue de la collectivité publique, en discutant notamment les questions d'évaluation des coûts marginaux et d'opportunité des fonds publics.

1.1 Le modèle de péage de congestion standard

Nous considérons la demande de déplacements à une période horaire donnée (exemple, en heure de pointe ou à la journée). La Figure 1 représente en abscisse le volume de trafic et en ordonnée la dimension monétaire, c'est-à-dire soit l'utilité (avantage) procurée par la réalisation des déplacements, soit les coûts de ces déplacements. La courbe de demande représente le nombre d'usagers (quantité de trafic Q en abscisse) selon l'avantage qu'ils retirent de leur déplacement, en ordonnée. Il s'agit d'une fonction de demande inverse, qui représente la disposition marginale à payer pour circuler en automobile. Cette courbe de demande est supposée droite pour simplifier.

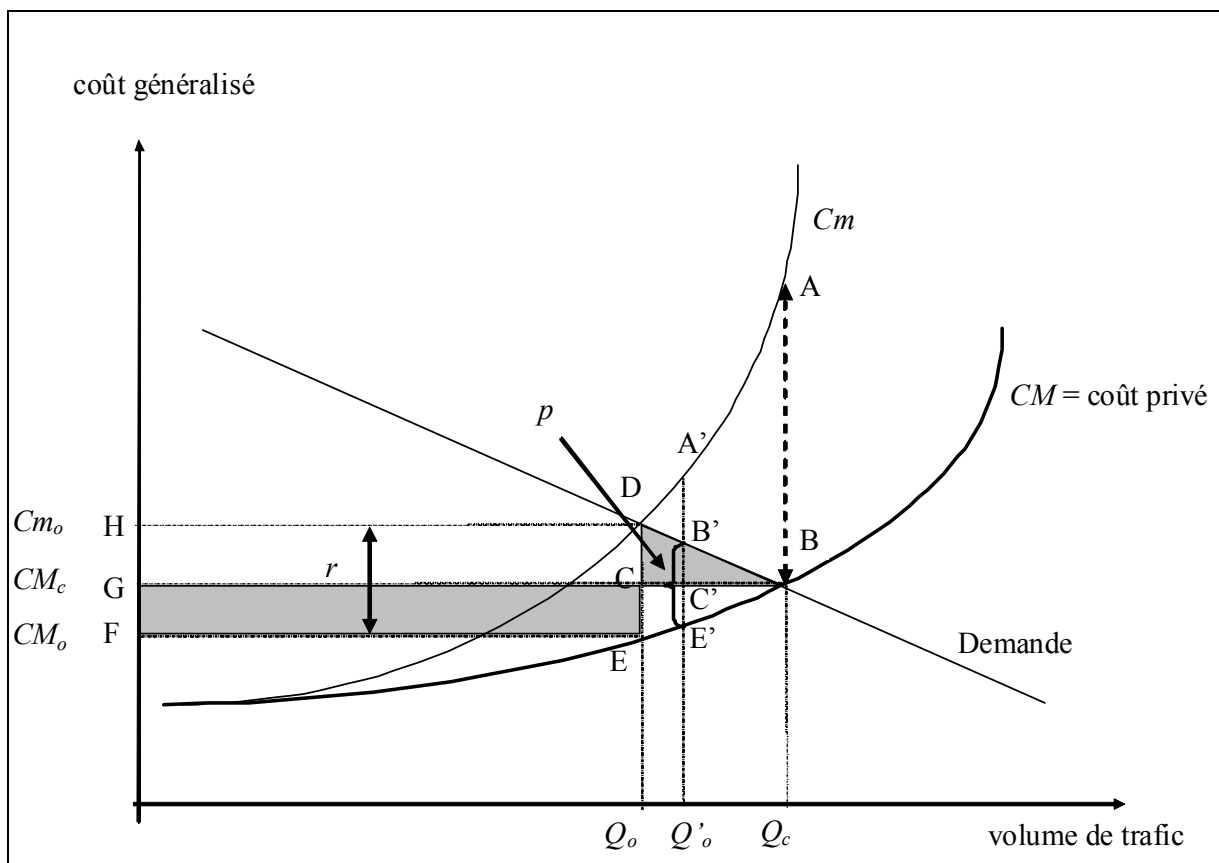


Figure 1 : La règle de tarification optimale à court terme

La disposition à payer des consommateurs est analysée comme un « coût généralisé ». En effet, ce dernier comprend les coûts privés de l'utilisateur (l'exploitation de l'automobile), le temps que ce dernier accepte de passer dans le déplacement (valorisé par une valeur du temps moyenne supposée égale et constante pour tout le trafic automobile) et un éventuel péage.

Q_c est la quantité totale de trafic avant la mise en œuvre du péage (au coût CM_c). Cet équilibre correspond à la demande des automobilistes qui sont prêts à payer un coût de déplacement inférieur ou égal à CM_c .

Q_o est la quantité de trafic à l'optimum : la redevance de péage perçue est r , la perte sociale ABD est supprimée et le coût total pour l'automobiliste est Cm_o .

Ce diagramme permet d'identifier les différentes composantes du calcul de variation de surplus des usagers de la route, découlant de la mise en œuvre du péage :

- la perte des utilisateurs restant sur la route, soit l'aire DCGH : elle se déduit du surcoût pour ces utilisateurs, soit DEFH, le montant total du péage perçu, moins le gain de temps dont bénéficient ces derniers (soit CEFG).
- la perte des utilisateurs évincés de la route, soit l'aire BCD : ce montant pourra être estimé en appliquant à la variation de trafic $Q_c - Q_o$ le différentiel de coût (péage – gain de temps), le tout divisé par deux (en supposant une courbe de demande droite, ce qui est une approximation suffisante).

Dans la pratique, le péage p mis en œuvre ne coïncide par forcément avec la redevance optimale. La quantité de trafic après mise en œuvre de ce péage s'établit à Q_o' et la perte sociale n'est réduite que de $ABB'A'$. Le péage moyen p par véhicule-kilomètre parcouru se déduit du ratio entre le total des recettes de péage collectées et le nombre de véhicules-kilomètres Q_o' . Le principe de calcul des composantes du surplus des usagers doit être ajusté pour prendre en compte cette situation.

1.1.1 Le calcul des paramètres d'application du modèle

Dans tout ce qui suit la distance moyenne parcourue est ramenée à 1, sans perte de généralité.

1.1.1.1 Calcul du temps de parcours et de la vitesse

Le temps de parcours ne dépend que de la vitesse

$$t = \frac{1}{v(q)}$$

v la vitesse dépend de q le volume *total* de trafic

On peut utiliser une forme fonctionnelle courante (cf. Prudhomme et Bocarejo, 2005a)

$$v(q) = v_0 - bq$$

v_0 est la vitesse à vide

b un paramètre à estimer. On décrit ainsi un paramètre technique de capacité de la route.

Dans le cas de Londres :

v_0 , la vitesse à vide peut être déduite des données de mesure de trafic de TfL

b , paramètre de la vitesse, peut être estimé à partir de :

en situation « avant péage » (congestion)

$$v_c = v_0 - bQ_c$$

où sont données par TfL v_c , la vitesse moyenne et Q_c , la quantité de trafic,

ou encore en situation « après péage »

$$v_o' = v_0 - bQ_o'$$

où sont données v_o' , la vitesse moyenne et Q_o' , la quantité de trafic.

1.1.1.2 La fonction d'offre, les coûts

CM , coût privé pour l'utilisateur en l'absence de péage, ou coût moyen, représente l'offre

$$CM(q) = a + tV$$

a est le coût d'exploitation kilométrique (que l'on suppose approximativement constant)

t le temps de parcours (calculé supra)

V la valeur du temps *par véhicule* (elle doit tenir compte du taux de remplissage moyen des véhicules)

D'où,

$$CM(q) = a + \frac{V}{(v_0 - bq)}$$

Cm est le coût marginal social

$$Cm(q) = \frac{\partial C}{\partial q} = \frac{\partial(q \cdot CM)}{\partial q} = CM(q) + q \frac{\partial CM(q)}{\partial q}$$

Ce coût marginal agrège deux termes, le premier qui est le coût moyen que l'automobiliste supporte (son coût privé d'usage du véhicule et en temps de déplacement), le second qui est la durée supplémentaire de déplacement qu'il inflige à l'ensemble des autres automobilistes quand il rentre sur l'infrastructure. Ce dernier terme, positif du fait de baisse de la vitesse avec l'augmentation du trafic, désigne expressément l'externalité de congestion.

$$Cm(q) = a + \frac{V}{(v_0 - bq)} + \frac{bV}{(v_0 - bq)^2}$$

Il est possible de distinguer les usagers selon le motif de leur déplacement : ces différents motifs correspondront à autant de valeurs du temps différentes (en considérant là encore une valeur du temps moyenne par catégorie d'usager). Donc à autant de courbes de coût mais qui ne différeront que par la valeur du temps V .

1.1.1.3 Calcul de la pente de la droite de demande

Le point B est donné par

$$CM(Q_c) = a + \frac{V}{(v_0 - bQ_c)}$$

le nouvel équilibre de trafic mesuré Q_o' correspond au coût d'usage total B' qui ajoute au coût d'usage privé E' le péage p , soit

$$CM'(Q_o') = a + \frac{V}{(v_0 - bQ_o')} + p$$

De la connaissance des coûts B et E' et des trafics Q_c et Q_o' on déduit la pente de la droite de demande

$$\frac{\frac{V}{(v_0 - bQ_o')} + p - \frac{V}{(v_0 - bQ_c)}}{Q_o' - Q_c} = V \left(\frac{\frac{1}{(v_0 - bQ_o')} - \frac{1}{(v_0 - bQ_c)}}{Q_o' - Q_c} \right) + \frac{p}{Q_o' - Q_c}$$

cette pente varie en fonction de V la valeur du temps. Les autres paramètres sont exogènes, qu'il s'agisse du péage, des trafics totaux avant et après, ou des paramètres techniques déterminant la vitesse en fonction du trafic.

1.1.1.4 Tests de sensibilité

Comme l'incertitude essentielle concernant l'estimation des gains de la décongestion découle de celle concernant la valeur du temps (moyenne), il faut mesurer la sensibilité des calculs à des variations de cette valeur du temps.

En faisant varier la valeur du temps, avec des trafics Q_c et Q_o' fixés (en abscisse), on modifie simultanément l'allure des deux courbes de coût CM et Cm et la pente de la courbe de demande, d'où les surfaces à estimer pour le gain de décongestion ($ABB'A'$). Il importe que le modèle de simulation intègre correctement ces modifications.

1.2 La question des bénéfices pour les transports collectifs

Le contexte est celui de la mise en place du péage à Londres et Stockholm avec en même temps l'ajout de bus supplémentaires : 250 à Londres et 197 à Stockholm. L'hypothèse que nous formulons est que la mise en place du péage n'est pas neutre pour les usagers des bus mais le modèle de Prud'Homme et Bocarejo ne permet pas de saisir ce phénomène correctement. Nous appliquerons le modèle de Small (2004) pour évaluer l'effet vertueux du péage sur l'équilibre économique des transports en commun.

1.2.1 Le modèle d'évaluation des coûts des bus de Prud'Homme et Bocarejo

Nous présentons et discutons ci-dessous les hypothèses du modèle de transport en bus avec subvention de Prud'Homme et Bocarejo (2004)³.

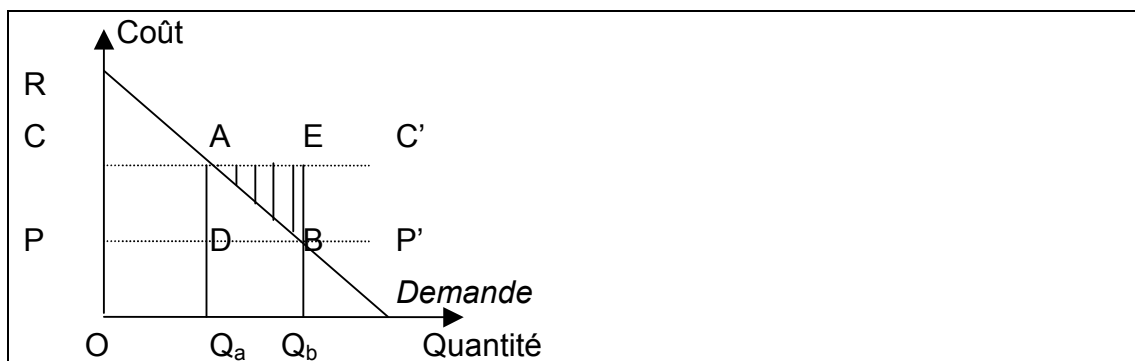


Figure 2 : Le modèle de transport en bus avec subvention de 50%

Dans le modèle de Prud'Homme et Bocarejo, on considère la demande de transport en bus, pour se rendre d'un lieu à un autre, à une période donnée.

La Figure 2 représente en abscisse le volume de déplacements, et en ordonnée la dimension monétaire, c'est-à-dire les coûts de ces déplacements et l'utilité procurée par la réalisation du déplacement.

³ Dans l'évaluation du péage de Stockholm, Prud'Homme et Kopp (2007) retiennent sensiblement le même modèle.

La droite de demande représente ici le nombre d'usagers selon le coût de leur déplacement. Il s'agit d'une demande inverse qui représente la disposition marginale à payer pour circuler en bus.

Le coût du déplacement est noté C , et P correspond au montant payé par l'utilisateur. C est supérieur à P puisque le prix payé par l'utilisateur correspond au coût d'un déplacement déflaté de la subvention PC .

En l'absence de subvention, l'équilibre s'établit en A pour un nombre de déplacements Q_a au prix C . Avec un montant de subvention égale à PC , le prix payé par les utilisateurs des bus s'établit en P et le nombre de déplacements en Q_b .

Le coût total du service de bus est CEQ_bO et le montant de la subvention est $CEBP$. Le surplus du consommateur généré par la mise en place de la subvention et la hausse de la demande correspondante s'interprète comme un gain de bien-être. Il correspond à la surface $CABP$.

La mise en place de la subvention induit un coût additionnel correspondant au déplacement vers la droite sur la courbe de demande et s'établit à AEQ_bQ_a .

Pour Prud'Homme et Bocarejo, les transports par bus ne sont pas des services ordinaires car ils sont subventionnés, ce qui conduit les usagers à ne payer que la moitié du coût économique. Ils en déduisent donc que la perte de bien-être sera dépendante du montant des subventions.

Ils calculent une variation de bien-être, notée ΔW , générée par la subvention, et égale à $CABP - AEQ_bQ_a$.

Pour Prud'Homme et Bocarejo, si l'on retient une élasticité-prix de la demande égale à -1 et une subvention évaluée à 50% des coûts, alors $CADP = DBQ_aQ_b$.

Le changement de bien-être est alors négatif.

Dans ce cas, on obtient :

$$\Delta W = AEB = 1/8 CEQ_bO$$

Ce qui signifie que le changement de bien-être, négatif, soit AEB , est égal à $1/8$ du total des coûts de transport par bus.

La méthode retenue par Prud'Homme et Bocarejo pour évaluer les effets de la mise en place du péage sur les bus contient quelques choix méthodologiques particuliers qui peuvent donner lieu à débat :

- Leur évaluation ne retient comme bénéfiques pour les bus que des gains de temps créés par la vitesse de circulation plus élevée des bus.
- Ils font l'hypothèse forte que le coût unitaire des bus est indépendant de la quantité de service offert.
- Ils retiennent une valeur du temps (VOT) des usagers des bus identique à celle des usagers de la voiture, soit dans leur étude, 15,6 euros/h pour Londres.
- Ils ne testent pas la sensibilité de leur évaluation à la variation de bien-être.

Concernant le premier point, il semble nécessaire d'intégrer l'amélioration de l'offre de transports en commun, mise en place en même temps que l'infrastructure à péage, en vitesse mais également en quantité offerte et en fiabilité pour les anciens usagers. C'est ce que pense

notamment Mackie (2004) qui considère qu'il faut prendre en compte la qualité et la fiabilité du service de bus comme des gains⁴. A cela, il est également nécessaire d'ajouter les économies de coût d'usage réalisées par les usagers qui ont effectué un report modal de la voiture vers les bus. Small (2004, p.134) considère que le report modal vers les transports publics permet un « cercle vertueux » d'économies de coûts et/ou d'amélioration du service. Pour Jansson (2008), les bénéfices des usagers des bus se répartissent en gains de temps pour ceux qui utilisaient déjà les bus et en un bénéfice net pour ceux qui passent de la voiture aux transports collectifs, dont l'offre est améliorée. La question qui se pose alors est de savoir comment les coûts de cette offre additionnelle de bus doivent être intégrés dans l'analyse coûts-avantages. Pour Jansson, ces coûts additionnels ne peuvent pas être déduits du bénéfice net de ceux qui font un transfert modal de la voiture vers les bus. Si on procédait de la sorte, il faudrait également prendre en compte les économies de coût des automobilistes qui n'utilisent plus leur voiture pour aller au centre et qui utilisent les bus. Au final, deux éléments sont significatifs : le coût net du déplacement de celui qui fait un report modal vers les bus et les économies de temps de déplacement.

Concernant le second point, autrement dit l'hypothèse de Prud'Homme et Bocarejo suivant laquelle le coût unitaire des bus est indépendant de la quantité de bus, Mackie (2004) montre que cette hypothèse est erronée si on introduit une capacité différente selon le type de bus. Small (2004) suppose que les coûts d'exploitation des bus sont proportionnels au nombre de service de bus par heure, autrement dit à la fréquence, ainsi qu'à la taille des bus.

Dans le même esprit, lors d'une discussion, P.White nous a confirmé que la mise en place du péage de Londres a été réalisée en augmentant la taille des bus dans la zone à péage. Il nous a également confirmé que le coût d'achat des bus était approximativement un coût linéaire en fonction de la taille des bus.

Concernant le troisième point, Prud'Homme et Bocarejo retiennent une valeur du temps (VOT) des usagers des bus identique à celle de la voiture. Or, comme le montre Wardman (2004), les valeurs du temps des usagers de la voiture et des bus semblent différentes selon le motif de déplacement et la distance parcourue. Cette différence est également présente dans le rapport HEATCO (Tableau 1).

⁴ Dans l'évaluation plus récente de l'expérience de Stockholm, Prud'Homme et Kopp (2007) tentent de prendre en compte cet argument. Mais ils retiennent un effet négatif du report modal du trafic vers les transports en commun puisque ces derniers sont davantage congestionnés malgré l'augmentation de l'offre de bus. Reprenant les données de Stockholmsforsoket (2006), ils estiment à 5% la baisse de la ponctualité dans le métro et les services ferroviaires. La difficulté est alors de donner une valeur monétaire à ce coût de congestion. Pour proposer une valeur, ils utilisent différentes sources d'information mais considèrent finalement qu'elles sous évaluent le coût de la congestion dans les transports en commun. Ils en concluent que ce coût est « *du même ordre de grandeur que les bénéfices de la décongestion en voiture* » (p.22). Il est certes difficile de se livrer à ce type d'exercice mais ce résultat sous entend de prendre la même valeur du temps pour les usagers de la voiture et des transports en commun (nous reviendrons sur ce point) et une valorisation identique des gains et des pertes de temps.

VOT	Motif professionnel ⁵ (euros 2002 par passager, par heure)		Motif autre que travail (euros 2002 par passager, par heure)	
	Bus	Voiture, train	Bus	Voiture, train
Royaume Uni	23,29	29,02	5,99	8,34
Suède	24,32	30,30	5,9	8,2

Tableau 1 : HEATCO , D5, p.S9 et S10

Enfin, comme le modèle de congestion, le modèle de transport en bus de Prud'Homme et Bocarejo est sensible à la valeur du temps retenue : plus la valeur du temps est élevée, plus les gains de temps sont élevés (Tableau 2)⁶.

	Valorisation du gain de temps en bus ⁷	
	Par jour (1 000)	Par an (1 000 000)
<i>VOT = 15,6 euros/h</i>	124	32
<i>VOT = 23 euros/h</i>	183	47
<i>VOT = 12 euros/h</i>	95	24

Tableau 2 : Sensibilité des gains de temps en bus à la valeur du temps dans le modèle de Prud'Homme et Bocarejo sur le cas Londonien

Par ailleurs, si le montant des subventions n'est plus de 50% mais par exemple de 20% des coûts (OC) comme le retient Small (2004), alors la perte de bien-être ne s'établit plus à 1/8 du total des coûts de transport par bus mais à 0,5/25 ou encore 1/50 (Tableau 3).

		Modèle de base de PetB sub=50%	Test Modele PetB sub=20%
Nombre de déplacement au coût du déplacement C	OQa	4	4
Nombre de déplacement payé au prix P payé par l'utilisateur	OQb	8	5
Prix du déplacement payé par l'utilisateur	OP	4	4
Coût d'un déplacement en bus	OC	8	5
Coût total service de bus	CEQbO	64	25
Montant de la subvention	CEBP	32	5
gain bien-être	CABP	24	4,5
Coût additionnel lié subvention	AEQaQb	32	5
Perte de bien-être	dW=CABP-AEQbQa	-8	-0,5
En lien avec l'hypothèse de subvention retenue	<i>dW</i>	-0,125	-0,02
		soit 1/8 de CEQbO	Soit différent de 1/8 de CEQbO

Tableau 3 : Variation de bien-être avec subvention à 50% et 20%

Les choix méthodologiques de Prud'Homme et Bocarejo associés à notre volonté d'avoir un modèle de bus plus détaillé, nous conduisent à exploiter le modèle de bus développé par K.Small.

⁵ HEATCO fait une différence entre la valeur du temps en dehors du travail et pendant le travail. La VOT en dehors du travail – non-work VOT- comprend le déplacement pour motif domicile-travail, ce qui peut prêter à confusion, et les déplacements pour motif loisirs, achats. La valeur du temps pendant le travail – work VOT – correspond aux déplacements pour motif professionnel.

⁶ Valeur retenue par Prud'Homme et Bocarejo. Sensibilité testée sur des valeurs aléatoires de valeur du temps.

⁷ Calculs faits avec un gain de temps de 1,34 mn, pris identique à celui de Prud'Homme et Bocarejo.

1.2.2 Le modèle de bus de K.Small

L'objectif du modèle de Small (2004) est de mesurer l'impact du péage urbain sur les coûts et l'offre de service des bus urbains. En appliquant ce modèle au cas de Londres, Small montre que la mise en place d'un péage urbain a un impact positif sur le transport public par bus et dégage des bénéfices nets.

Le cercle vertueux du péage sur les bus résulte : d'un report modal des automobilistes (qui ne veulent ou ne peuvent pas payer le péage) ; de la réduction de la congestion, grâce au péage, qui permet d'accroître la vitesse des bus, ce qui permet à l'opérateur de faire des économies de coût d'exploitation ; d'une adaptation plus optimale de l'offre par l'opérateur, ce qui lui permet d'attirer de nouveaux clients.

Du point de vue de la méthode, Small construit un modèle théorique à partir duquel il élabore 4 variantes, autrement dit 4 scénarios. Ces variantes conduisent *in fine* à tester la sensibilité du modèle à certains valeurs et ratios.

Le modèle théorique de Small est un modèle d'équilibre partiel (sans prise en compte de variation de prix des transports et autres distorsions économiques), adapté de ceux de Nash (1988) et Jansson (1997), et qui étend par ailleurs celui de Mohring (1972). Toutefois, par rapport à ce dernier, il ignore le temps mis par les passagers pour embarquer dans le bus et la décision de choix de localisation des nouveaux services de bus de l'opérateur.

Les passagers font leurs déplacements à un taux de Q par heure. Les origines des déplacements sont dispersées à travers la zone de service⁸. La distance moyenne d'un déplacement est m km.

Par ailleurs, les conditions sont supposées constantes au cours de la période de temps pendant laquelle le péage fonctionne.

Le coût C pour l'opérateur est supposé proportionnel au nombre d'heures de service de bus, la constante de proportionnalité étant une fonction linéaire de la taille des bus.

Les heures de service des bus sont des bus-km de service M (contrôlés par l'opérateur) divisés par la vitesse moyenne des services de bus (cette dernière incorpore les temps d'arrêts des véhicules et le temps d'embarquement, ce qui la conduit à être plus faible que la vitesse en voiture au même endroit).

La taille des bus doit être ajustée pour obtenir un facteur de charge prédéterminé dans les bus (pourcentage moyen d'espace occupé par les passagers). Ce facteur de charge est proportionnel au nombre moyen de passagers dans un bus.

⁸ L'opérateur choisit d'opérer N itinéraires régulièrement espacés ou une fréquence moyenne de service *via* les véh-km offerts par heure, M .

<i>Environnement du service de bus (variables exogènes)</i>	
l	Longueur en km de la zone (à péage)
$2w$	Temps de marche pour traverser la zone à péage
h	Durée pendant laquelle le péage fonctionne (heure/jour)
m	Distance moyenne d'un déplacement
S	Vitesse moyenne d'un bus (km/h)
<i>Variables de prix et de service choisies par l'opérateur des bus</i>	
N	Nombre de lignes
M	Service de bus-km offerts par heure
f	Tarif (en \$ par déplacement)
<i>Utilisation des bus et financement</i>	
Q	Nombre de passagers-déplacements par heure
n	Nombre moyen de passagers dans les bus (mQ/M)
R	Recettes (\$ par période d'heure de service)
<i>Coûts et paramètres de coûts</i>	
C	Coût pour l'opérateur (\$ par heure de période de service)
U	Coût du temps pour tous les usagers (\$ par heure de période de service)
Σ	Subventions (\$ par heure de période de service)
ATC	Coût total moyen $(C+U)/Q$ (\$/déplacement)
a_1	Coût d'exploitation par heure de bus, indépendant de la taille des bus
a_2	Hausse du coût d'exploitation par heure de bus due à l'accroissement de la taille des bus pour faire face à un passager supplémentaire en moyenne
α_w	Valeur du temps de marche (\$/heure)
α_x	Valeur du temps d'attente (\$/h)
α_v	Valeur du temps dans le véhicule (\$/h)
<i>Paramètres de demande</i>	
ε_f	Elasticité de la demande au tarif de bus
ε_M	Elasticité de la demande au service de bus-km

Tableau 4 : Les paramètres du modèle de Small

Les coûts d'agence (de l'opérateur) prennent la forme suivante :

$$C = (a_1 + a_2 n) \frac{M}{S} \quad (1)$$

a_1 et a_2 étant des constantes. Toutes les variables de coût et de service agrégés, tels que C et M , sont exprimées par heure sur une période de service bien définie, évaluée en heure/jour. Cette période peut être prise comme telle durant tout le temps où le péage fonctionne.

Le nombre moyen de passagers/bus, n , est le total des passagers-km voyagés par heure, mQ , divisé par le nombre de bus-km de service offert par heure, M . On peut réécrire (1) :

$$C = \frac{a_1 M}{S} + \frac{a_2 m Q}{S} = C_1 + C_2 \quad (2)$$

Le coût d'usage U vient de trois types de temps passés dans le déplacement. Il s'agit :

- du temps de marche moyen des utilisateurs qui est égal à la moitié du temps de marche maximum d'une résidence à une ligne de bus ;
- du temps d'attente pour un utilisateur moyen qui correspond à la moitié de l'intervalle entre deux bus.
- du temps moyen passé dans le véhicule.

Chacun des ces trois temps est valorisé par un coût d'opportunité (en \$/heure), respectivement α_w , α_x , α_v . Les coûts d'usage agrégés sont :

$$U = U_w + U_x + U_v = U_o + U_v \quad (3)$$

Avec w la marche, x le transfert, v le temps dans le véhicule, U_o le coût du temps à l'extérieur du véhicule, U_v le coût du temps dans le véhicule.

Ces paramètres suffisent à calculer les réponses optimales en termes de niveaux de service, de coûts d'exploitation et de coûts des usagers, à des accroissements relatifs spécifiés de la vitesse et du nombre d'usagers. Cette optimisation peut être obtenue en laissant l'opérateur minimiser le coût total ($C+U$) du service de Q passagers.

Après résolution de ce programme de minimisation par rapport aux variables de service N et M , le coût total moyen s'écrit :

$$ATC = \frac{(C + U)}{Q} = (a_2 + \alpha_v) \frac{m}{S} + 3c_1 Q^{-1/3} \quad (4)$$

$$\text{où } c_1 = (\alpha_o / 2)^{2/3} (a_1 w l / S)^{1/3}$$

1.2.2.1 Implications du péage de congestion

On considère les effets d'une modification exogène (découlant de la mise en place du péage) d'une variation de vitesse des bus dS et d'une augmentation des usagers des bus $dQ^{(1)}$. $dQ^{(1)}$ découle du premier effet du péage et n'inclut pas les changements ultérieurs du nombre d'usagers calculés par le modèle.

a) Effets directs de l'amélioration de la vitesse sur les coûts

Concernant les effets directs de l'amélioration de la vitesse sur les coûts, la vitesse S affecte directement à la fois les coûts d'agence C (réduction des coûts d'exploitation) et les coûts d'usage U (réduction du temps passé en déplacements), même en l'absence de tout changement de l'offre (paramètres N , M , Q).

Les élasticité sont les suivantes:

$$\eta_{c,s} = -1 \quad \eta_{v,s} = -1 \quad \eta_{f,s} = -C/R \quad (5)$$

b) Effets directs de l'augmentation de l'usage des bus sur les coûts

L'accroissement du nombre total d'utilisateurs de bus $dQ^{(1)}$ affecte également les coûts du fait des économies d'échelle.

Les élasticités sont les suivantes :

$$\eta_{M,Q} = 2/3 \quad \eta_{C,Q} = 2/3 + C_2/3C \quad \eta_{U_0,Q} = 2/3 \quad \eta_{U_v,Q} = 1 \quad (6)$$

Le service de bus est alors augmenté selon cette élasticité $\eta_{M,Q}$.

c) Effets sur l'équilibre du budget de l'agence

Deux options sont possibles, l'une dans laquelle le tarif des bus est maintenu constant et la subvention réduite, l'autre dans laquelle la subvention est maintenue constante et le tarif est réduit.

Si le tarif est maintenu constant la subvention peut être réduite de $dR - dC$ avec

$$\frac{dR - dC}{C} = \frac{dS}{S} - \left(\frac{2}{3} + \frac{C_2}{3C} - \frac{R}{C} \right) \frac{dQ^{(1)}}{Q} \quad (7)$$

Si la subvention est maintenue constante le tarif doit être réduit de $df^{(1)}$ avec

$$\frac{df^{(1)}}{f} = \frac{C}{R} \left[-\frac{dS}{S} + \left(\frac{2}{3} + \frac{C_2}{3C} - \frac{R}{C} \right) \frac{dQ^{(1)}}{Q} \right] \quad (8)$$

C'est cette dernière option qui est retenue.

d) Effets seconds sur l'usage des bus

La réduction de tarif et l'amélioration de l'offre précédentes vont avoir un deuxième effet d'augmentation de l'usage des bus $dQ^{(2)}$.

$$\frac{dQ^{(2)}}{Q} = -\varepsilon_f \frac{C}{R} \frac{dS}{S} + \mu \frac{dQ^{(1)}}{Q} \quad (9)$$

μ étant un multiplicateur du changement du nombre d'usagers :

$$\mu = \frac{2}{3} \varepsilon_M + \frac{C}{R} \left(\frac{2}{3} + \frac{C_2}{3C} - \frac{R}{C} \right) \varepsilon_f \quad (10)$$

Le changement final du nombre total d'utilisateurs de bus découlant de la série de changements ultérieurs de tarif et du niveau de service est :

$$\frac{dQ^{SQ}}{Q} = \frac{1}{1 - \mu} \left[-\varepsilon_f \frac{C}{R} \frac{dS}{S} + \frac{dQ^{(1)}}{Q} \right] \quad (11)$$

On obtient le prix correspondant et les changements de service tels que :

$$\frac{df^{(SQ)}}{f} = \frac{C}{R} \left[-\frac{dS}{S} + \left(\frac{2}{3} + \frac{C_2}{3C} - \frac{R}{C} \right) \frac{dQ^{(SQ)}}{Q} \right]$$

et

$$\frac{dM^{SQ}}{M} = \frac{2}{3} \frac{dQ^{SQ}}{Q}$$

e) Effets de l'utilisation des recettes du péage urbain pour augmenter le service de bus

Maintenant il s'agit d'évaluer quels sont les effets de l'utilisation des recettes du péage urbain pour augmenter le service de bus.

Supposons que l'opérateur reçoive une subvention additionnelle $d\Sigma$ afin d'accroître le service M . Au final, le service de bus et le nombre total d'utilisateurs de bus augmentent de :

$$\frac{dM^\Sigma}{M} = \frac{1}{1-\mu} \frac{d\Sigma}{C_1}$$

et

$$\frac{dQ^\Sigma}{Q} = \frac{\varepsilon_M}{1-\mu} \frac{d\Sigma}{C_1}$$

1.2.2.2 Bénéfices du péage

Les bénéfices additionnels, allant au-delà de ceux résultant de l'analyse coûts-avantages du péage en considérant seulement les véhicules privés, comprennent les bénéfices liés aux changements de vitesse, dB^S ,

$$dB^S = (C + U_v) \left(\frac{dS}{S} \right) \quad (12)$$

et ceux liés à la hausse du nombre total d'utilisateurs de bus, dB^Q , découlant de dQ^{SQ} (c'est-à-dire excluant la hausse d'usage découlant de la subvention supplémentaire $d\Sigma$)

$$dB^Q = (R - C_2) \left(\frac{dQ^{SQ}}{Q} \right) \quad (13)$$

Les bénéfices totaux du péage urbain rapportés aux coûts de l'opérateur s'établissent donc à :

$$\frac{dB^{(SQ)}}{C} = \left(1 + \frac{U_v}{C} \right) \frac{dS}{S} + \left(\frac{R}{C} - \frac{C_2}{C} \right) \frac{dQ^{SQ}}{Q} \quad (14)$$

Les recettes du péage sont déjà considérées dans le bilan du péage et l'analyse standard suppose que ces recettes seront utilisées efficacement (au sens économique du terme). Leur utilisation pour l'amélioration du service de bus suppose donc que les niveaux de service actuels sont efficaces.

Small a ensuite appliqué son modèle au cas du London Congestion Charging, en utilisant essentiellement des données simulées à partir de la situation des bus londoniens en 2001. Nous avons écrit ce modèle sous tableur et vérifié que nous obtenions bien les mêmes résultats que Small.

Nous reprendrons ce modèle ci-après dans le cas de Londres, mais avec des données actualisées après la mise en route du péage, ainsi que dans le cas de Stockholm.

1.2.3 Le calcul du surplus pour les transports collectifs

Du point de vue des transports collectifs, les composantes du calcul de surplus sont les suivantes :

- Pour les usagers : un gain de temps (valorisé par une valeur du temps moyenne pour les usagers de ce mode) appliqué à la totalité de la demande *avant* mise en œuvre du péage ; le même gain de temps appliqué à l'augmentation de la demande *après* mise en œuvre du péage, le tout divisé par deux.
- Pour les opérateurs de transports collectifs : le gain de recettes additionnelles du fait de l'augmentation de la demande ; en négatif, les subventions supplémentaires (investissements et exploitation) pour faire face à cet afflux de demande.

1.3 Le point de vue de la collectivité publique, CMFP, COFP

Du point de vue des finances publiques, les composantes du calcul de surplus sont les suivantes :

- Les recettes de péage, exacte contrepartie des charges de péage payées par les automobilistes.
- Les coûts de mise en œuvre du péage (investissement et exploitation).
- Les pertes de recettes fiscales découlant de la variation du trafic (exemple, les pertes de recettes de taxes sur les carburants).

Cependant, du fait du caractère public d'une partie du financement, deux autres effets doivent nécessairement être pris en compte, à savoir le coût d'opportunité des fonds publics (COFP) et le coût marginal des fonds publics (CMFP).

Le COFP fait référence au coût d'opportunité de l'investissement étudié. En raison de la contrainte budgétaire, la réalisation de cet investissement a pour effet de renoncer à une autre opportunité d'investissement : il s'agit de prendre en compte la contrainte budgétaire de la collectivité en comparant le rendement socio-économique d'un projet, de péage en l'occurrence, à toute autre mesure qui pourrait être mise en œuvre avec le même budget. Le « coût d'opportunité des fonds publics » affecte toute dépense supportée directement ou indirectement par le budget d'une collectivité locale ou de l'Etat.

Lorsqu'aucune restriction budgétaire n'existe, c'est le taux d'actualisation qui sert de critère de décision. Il est de 4% en France et de 5% pour l'Union Européenne. Tout projet à la rentabilité socio économique supérieure à ce taux de référence vaut alors la peine d'être réalisé. Lorsque les ressources financières sont illimitées, le COFP lié à tout investissement est alors nul, la réalisation d'un projet ne limitant pas celle des autres. Il n'en va pas de même lorsque des contraintes budgétaires pèsent sur les Etats, comme c'est le cas au sein de la zone euro. Les investissements retenus sont alors ceux à la rentabilité la plus élevée au regard des autres projets réalisables. On cherche alors, sous contrainte de rareté des fonds publics, à retenir le programme de projets optimal parmi l'ensemble des réalisations possibles. On ne se réfère donc plus à un seuil de rentabilité mais à une condition propre à chaque pays ou

collectivité locale, à chaque niveau de contrainte budgétaire et à chaque secteur de l'économie. Au sein d'un programme et selon l'ensemble de ces conditions, des projets aux rentabilités allant de 5% à 25% peuvent être réalisés. Le COFP apparaît alors très variable et complexe à mesurer. Il apparaît très délicat de trancher sur une valeur précise.

Dans le cas des péages urbains que nous étudions, à chaque dépense associée au projet doit être affecté un coût d'opportunité. On l'applique alors : aux coûts de fonctionnement du péage, aux investissements ou au montant d'amortissement sur les années correspondant à l'évaluation si elle est réalisée sur une courte période, aux investissements annexes réalisés (transports collectifs) et aux autres dépenses engagées (coût d'exploitation supplémentaire du réseau de transport).

Le CMFP fait référence à la sous-optimalité du système de prélèvement fiscal et prend en compte les effets distorsifs d'une taxe sur les comportements des agents économiques (Browning, 1976). Ces effets peuvent constituer un coût ou un avantage pour la collectivité. Si un nouveau prélèvement rend le système fiscal plus sous-optimal, diminuant par exemple le niveau de consommation des ménages ou d'investissement des entreprises, le coût marginal sera supérieur à 1. On résume souvent le CMFP par le coût économique d'un prélèvement de 1€ : prélever 1€ coûte en fait à la collectivité $(1*n)$ € avec $n>1$. A l'inverse, si une nouvelle taxe permet d'accroître l'efficacité globale du système, le coût marginal sera nul.

A chaque type de taxe et à chaque système fiscal est donc associé un coût marginal spécifique. En France, le rapport Lebègue sert souvent de référence en la matière et retient un coût effectif de 1,30€ pour chaque euro prélevé. C'est aussi la valeur retenue en Suède par Transek. Aux Etats Unis, le coût marginal retenu est de 1,56€, la Commission Européenne retient un montant de 1,28€. Heatco recommande soit de ne pas considérer les CMFP, soit de retenir une valeur de référence de 1,5€.

On considère généralement que le péage est un mode de prélèvement sans distorsion sur la consommation et les recettes générées sont donc à l'origine d'un gain de CMFP : il s'agit de l'économie réalisée en opérant un prélèvement par le péage plutôt que par l'impôt. Il en est de même pour les recettes additionnelles des transports collectifs.

Les dépenses sont quand à elles à l'origine de pertes de CMFP. Cela concerne les coûts d'exploitation, les coûts d'investissement ou l'amortissement des infrastructures de péage, ainsi que les investissements annexes (transports collectifs), les coûts annexes (nouveaux coûts d'exploitation liés au projet) et les baisses de recettes de taxes sur les carburants découlant de la baisse de la circulation.

En résumé, il faudra inclure dans l'évaluation du point de vue des finances publiques :

- Les gains en termes de CMFP provenant des recettes de péage et des usagers supplémentaires des transports collectifs, mais aussi les coûts CMFP liés aux pertes de recettes fiscales sur les carburants.
- Les coûts COFP et CMFP de l'argent public dépensé dans le système de péage et en subventions supplémentaires dans les transports collectifs.

Enfin, citons pour mémoire les autres externalités à inclure. Il s'agit

- des bénéfices environnementaux (réduction des émissions de polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre, ainsi que du bruit),
- des gains en termes de sécurité, notamment les réductions d'accidents.

2 Evaluation du *Congestion Charging* de Londres

Nous présentons dans les deux premières sections le programme de péage urbain en opération à Londres, puis les différentes évaluations qui ont pu en être faites. Les trois sections suivantes présentent notre analyse critique de ces évaluations, puis un rapide tour d'horizon des autres impacts du péage, pour terminer sur les enseignements que nous retirons de l'expérience de Londres.

2.1 Le péage de zone de Londres

Le péage urbain de Londres (*Congestion Charging*) est en œuvre depuis février 2003. Les objectifs annoncés étaient de réduire la congestion par l'instauration du péage, d'améliorer radicalement le service des bus (à l'aide des recettes du péage) et la fiabilité des durées de déplacement en automobile, ainsi que de rendre la livraison des marchandises et le fonctionnement des services plus efficaces. Après avoir exposé le contexte national et local ayant permis la mise en place du péage, ainsi que les caractéristiques de son fonctionnement, nous en analyserons les effets et l'acceptabilité, pour terminer par quelques perspectives.

2.1.1 Le contexte national et local

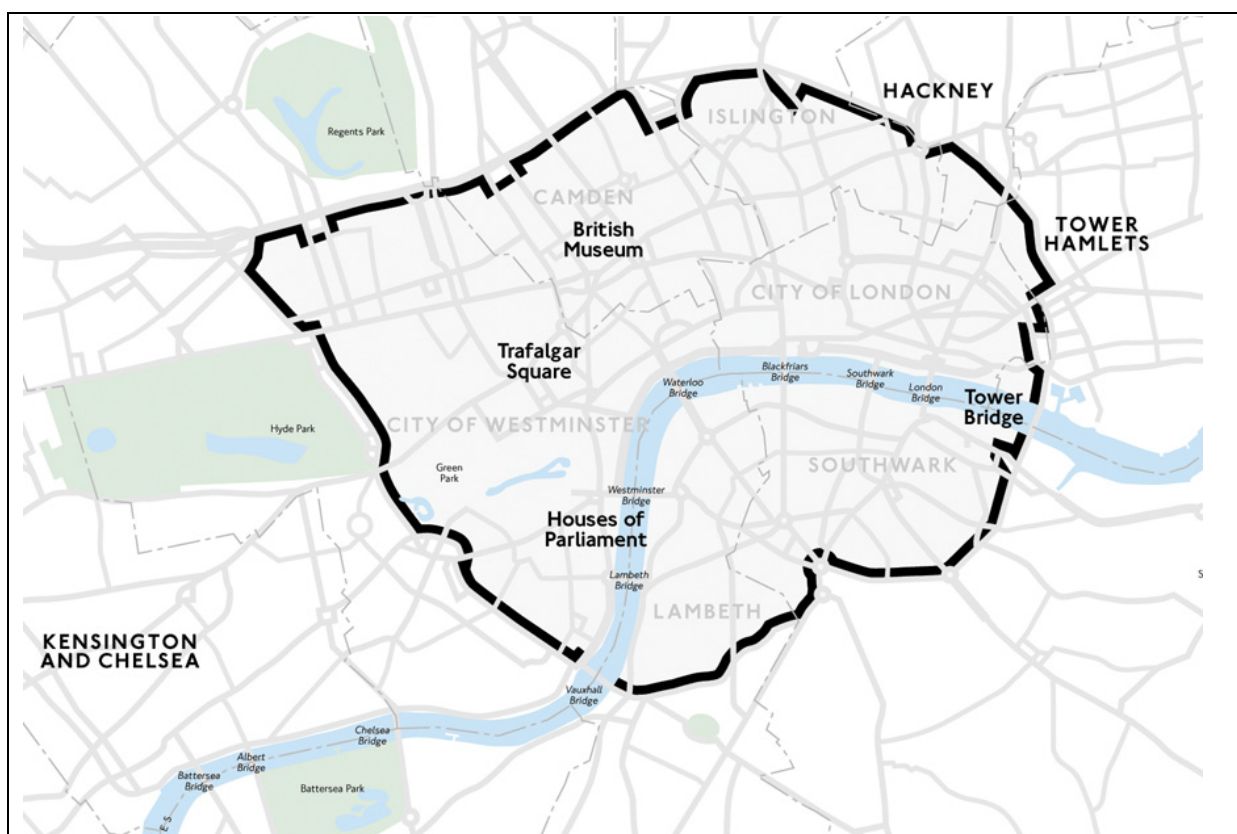
La Grande Bretagne est un pays quasiment sans péage routier. Ce n'est qu'à partir de 1999 que la législation a autorisé les pouvoirs locaux à introduire un système de péage. A cette date pour Londres, puis en 2000 en Angleterre et au pays de Galles, la loi a donné la possibilité aux autorités locales de mettre en œuvre le péage urbain ou la taxation des places de parking pour le travail, dans le cadre de leurs plans de transport local, afin de combattre la congestion. Les recettes du péage doivent être affectées à l'amélioration du transport pour une durée minimale de dix ans. Au-delà, ces recettes peuvent aller au budget du gouvernement central pour tout ou partie (DfT, 2004). L'Ecosse a adopté une loi similaire en 2001, mais en 2005 la population d'Edimbourg a refusé par référendum à une écrasante majorité, le projet de péage de double cordon qui lui était proposé.

Le contexte local à Londres se caractérise par une situation assez mauvaise en matière de transports, après des décennies de sous-investissement. Le débat est ancien autour du « *road congestion pricing* », il date de 1964 avec le rapport Smeed. Le consensus était général, chez les décideurs et dans l'opinion, sur la nécessité de « faire quelque chose » pour réduire le trafic automobile. Le péage de Londres est un axe fort de la stratégie du maire, Ken Livingstone, concernant le transport urbain. La première campagne électorale pour l'élection d'un maire pour le Grand Londres en 2000, vit les deux partis, travailliste et conservateur, s'opposer au projet de Ken Livingstone qui remporta l'élection. Le péage fut mis en place en 2003 et Ken Livingstone fut ensuite réélu en 2004, tout en ayant annoncé lors de sa seconde campagne électorale, l'extension de la zone à péage et la hausse de ce dernier.

Du point de vue institutionnel, c'est l'établissement public *Transport for London* (TfL) qui est l'autorité organisatrice du système de transport londonien. TfL a pour mission de mettre en œuvre la stratégie de transport du maire, notamment le péage, et de gouverner les services de transport dont le maire est responsable.

2.1.2 Le fonctionnement du *Congestion Charging Scheme* du centre de Londres

Le péage⁹ a démarré en février 2003 et fut appliqué à une première zone centrale de 22 km². La zone soumise à péage¹⁰ a été élargie en février 2007, pour aboutir à une aire d'environ 9 km (en Est-Ouest) sur 4. Le tarif (*Congestion Charge*) est un forfait pour la journée qui doit être acquitté pour circuler en véhicule automobile (ou garer ce véhicule) sur les routes publiques dans la zone¹¹, entre 7h et 18h du lundi au vendredi, sauf les week-ends, jours fériés et période de Noël au Nouvel An. Ce forfait permet de circuler, entrer et sortir de la zone, autant que nécessaire dans la journée.



source : R. Lane, présentation au séminaire de Lyon, mai 2001

Figure 3 : La zone initiale de péage à Londres en 2003

Il n'y a pas de barrières de péage, la détection des véhicules se fait par des caméras¹² reconnaissant automatiquement les plaques d'immatriculation. Le paiement consiste en fait à

⁹ Cette section décrit la réglementation en vigueur en mars 2007. Les rapports de Transport for London sont disponibles sur la page « Congestion charging publications » du site de TfL (<http://www.tfl.gov.uk>).

¹⁰ La carte détaillée peut être visualisée à <http://www.cclondon.com/download/DetailMapECCZ.pdf>

¹¹ A l'exception de deux routes traversant la zone à péage qui ne nécessitent pas d'acquitter le péage.

¹² au nombre de 230 initialement.

se faire enregistrer dans une base de données pour le jour de circulation. Le numéro détecté par les caméras est confronté à cette base de données (qui contient également les données sur les véhicules exemptés) et, en cas de succès, l'image photographique du véhicule est automatiquement effacée.

Le tarif s'élève à 8£ (environ 12€)¹³ par véhicule et par jour¹⁴. Le paiement doit être effectué en avance et au plus tard à minuit le jour des déplacements, ou sinon le lendemain mais avec un tarif majoré, soit 10£. Le paiement peut être fait par Internet, par téléphone mobile (SMS), à des machines self-service, par téléphone ou à certaines boutiques ou stations d'essence. Il est possible de s'enregistrer en tant que client régulier afin d'éviter d'avoir à répéter l'information requise à chaque paiement. On peut payer pour plusieurs jours à la fois (une semaine de 5 jours consécutifs par exemple). Le paiement à l'avance du tarif mensuel, soit 20 jours consécutifs, bénéficie d'une ristourne équivalente à 3 jours gratuits, soit 136£ (environ 200€). Le paiement annuel pour 252 jours consécutifs bénéficie d'une ristourne équivalente à 40 jours gratuits et revient à 1696£ (environ 2505€). Dans ces deux derniers cas il est possible, moyennant certaines conditions, d'obtenir un remboursement des jours dont on prévoit à l'avance qu'ils ne seront pas utilisés.

L'amende pour non-paiement est de 100£ (environ 147€), réduite de moitié si elle est payée dans les quinze jours. Non payée dans le mois, cette amende passe à 150£. Une agence européenne est chargée du recouvrement de ces amendes pour les véhicules à plaque étrangère.

Les exemptions de paiement concernent les deux-roues, les taxis, les véhicules pour handicapés, les véhicules d'urgence, certains véhicules à énergie alternative et les véhicules de transports collectifs (9 places et plus). En outre, les résidents vivant à l'intérieur de la zone à péage bénéficient d'une ristourne de 90% pour un véhicule privé qu'ils doivent enregistrer : le tarif minimum est alors de 4£ pour cinq jours consécutifs. Ces résidents bénéficient d'une ristourne équivalente pour les tarifs mensuel et annuel.

2.1.3 Les effets du péage

Il faut d'abord préciser, comme le soulignent Prud'homme et Bocarejo (2005b), que le « péage de Londres » ne concerne qu'une très petite partie de l'agglomération londonienne (*Greater London*, 7,3 millions d'habitants) : 1,5% en superficie et 5,2% de la population en 2003. Cependant, cette zone concentre 26% des emplois de l'agglomération. En outre, à l'heure de pointe du matin, moins de 15% des personnes entrant dans la zone centrale utilisent une voiture, la quasi-totalité des autres utilisant les transports en commun (TfL, 2003).

Les effets positifs attendus se sont manifestés immédiatement (cf. TfL, 2006)¹⁵. En ce qui concerne le trafic, les résultats ont dépassé les prévisions. 378.000 véhicules entraient dans la zone avant la mise en place du péage, dont environ 200.000 voitures particulières. Après la mise en place du péage en 2003, la baisse est de 18% pour les véhicules à 4 roues et plus, baisse semblant s'accroître légèrement dans les premiers mois ayant suivi l'augmentation du péage de juillet 2005. Concernant les voitures particulières, cette baisse est encore plus forte,

¹³ Dans tout ce qui suit le taux de conversion est de 1,45 € pour 1 £ (taux valable en 2005)

¹⁴ Le tarif initial était de 5£ et a été augmenté en juillet 2005.

¹⁵ la suite concerne les effets mesurés pendant les heures de fonctionnement du péage, jusqu'à l'automne 2005, c'est-à-dire sur la zone initiale de 22 km².

soit 33%, mais elle n'est que de 11% pour les camions. En moyenne, en 2005, après la hausse du péage, 96.000 paiements étaient effectués chaque jour.

Le trafic en véhicules-kilomètres à l'intérieur de la zone à péage a baissé de 15% pour les véhicules à 4 roues et plus, et de 34% pour les voitures particulières, niveau qui semble stabilisé depuis. Une légère augmentation des véhicules-kilomètres avait été constatée sur la *Inner Ring Road* entourant la zone à péage, mais TfL considère que, sur la période, le niveau de trafic sur cette route est resté sensiblement le même qu'avant l'ouverture du péage.

La congestion (mesurée comme le temps supplémentaire de trajet en minutes par km par rapport à la situation de fluidité la nuit) est estimée en diminution de 26% à 30% en moyenne sur la période 2002-2005, avec une perte de décongestion observée fin 2004, mais effacée suite à l'augmentation du péage en 2005.

La fréquentation des bus, qui enregistrent une plus grande ponctualité (baisse de 30% des retards aux arrêts) et donc une baisse des coûts d'exploitation, a augmenté. La première année la hausse du nombre de passagers entrant à l'heure de pointe du matin était de 18%, suivie d'une deuxième hausse de 12% l'année suivante, pour se stabiliser en 2005. Cette hausse de fréquentation s'explique en grande partie par l'accroissement de l'offre conjointement à la mise en place du péage. Concernant le métro, après une réduction de la fréquentation en 2003 suite à la fermeture prolongée de la Central Line, et l'effet des attentats de juillet 2005, la fréquentation s'est stabilisée à un niveau légèrement inférieur à celui de 2002, avant péage.

Enfin, en ce qui concerne l'impact sur l'économie, TfL estime qu'il n'y a pas d'impact net significatif du péage, que ce soit en positif ou en négatif, malgré l'effet temporaire des attentats de l'été 2005.

Il résulte de la baisse inattendue du trafic automobile dans la zone à péage que les recettes nettes (93M£ en 2004-2005) étaient très inférieures aux prévisions (130M£). Ces recettes ont néanmoins remonté avec la hausse du péage de juillet 2005, pour atteindre 122M£ en 2005-2006 (soit près de 180 millions €).

2.1.4 Comment a été fixé le montant du péage ?

La littérature considère que, autant il est possible du point de vue théorique de déterminer le montant optimal du péage sur une section de route, autant ce problème est insoluble quand on a affaire à un réseau (Leape, 2006). Face à l'impossibilité de calibrer un coût marginal de congestion qui pourrait être la base de fixation de la redevance, les autorités de Londres ont choisi de s'appuyer sur un travail considérable de modélisation des comportements des ménages et du trafic résultant (rapport ROCOL), pour choisir le niveau de péage qui procurerait les plus grands avantages nets. C'est ainsi que la décision initiale s'est arrêtée sur le niveau de 5£.

En outre, du fait que la vitesse moyenne est à peu près constante au cours de la journée dans la zone centrale de Londres, le choix d'une tarification plate a été jugé pertinent.

2.1.5 L'acceptabilité du péage

Ce projet a, au départ, rencontré une forte opposition, notamment du parti conservateur, des automobilistes, des syndicats et des habitants des quartiers concernés. L'un des facteurs déterminant de l'acceptabilité a été la réduction de 90% accordée aux résidents de la zone à péage et l'exemption à 100% pour les handicapés. Les résidents enregistrés sont au nombre de 20.000 environ, les handicapés 100.000.

Un autre facteur d'acceptabilité est que l'intégralité des recettes nettes de péage sont affectées au financement des transports pendant les dix premières années d'exploitation. De fait, 80% des recettes sont allées à l'amélioration du réseau de bus, le reste à des aménagements de sécurité routière et aux autres modes d'usage de la voirie (Leape, 2006).

Le maire a abondamment consulté sur une période de 18 mois, en utilisant largement la radio, 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. Cependant, il n'a jamais été question de soumettre la décision à référendum.

Quant à l'acceptabilité, en 2003 plus de 50 % des Londoniens (du Grand Londres, donc bien au-delà de la zone centrale) soutenaient cette démarche, et seulement 30 % des habitants se prononçaient contre (TfL, 2003).

Le maire de Londres a été élu sur ce projet en 2000 mais également réélu en 2004, c'est-à-dire un an après la mise en fonctionnement du péage, avec un projet d'augmentation du niveau de péage (effectif en 2005) et d'extension de la zone à péage (effectif en 2007).

L'expérience du péage de Londres montre comment une volonté politique forte, conjuguée à un consensus sur le caractère critique de la situation, a permis de passer outre l'impopularité de cette mesure qui paraissait initialement insurmontable. L'application initiale à une zone limitée, où les usagers de la voiture particulière sont minoritaires, avec une politique de ristourne étudiée, a permis de mettre ce type de politique « sur les rails ».

2.2 Les différentes évaluations économiques du péage de Londres

Notre travail d'évaluation économique s'appuie essentiellement sur deux sources, l'évaluation de Transport for London (TfL) avec les nombreux rapports de suivi disponibles, et celle réalisée par Rémi Prud'homme et Juan-Pablo Bocarejo en 2005.

Citons également l'évaluation de Santos et Fraser (2005) publiée dans *Economic Policy*. Nous n'analyserons pas en détail cette évaluation car celle-ci est centrée sur la question de l'extension de la zone à péage réalisée en 2007. Partant du constat que les optima de premier rang, voire de second rang, sont très difficiles et même le plus souvent impossibles à mettre en œuvre, les auteurs se demandent si un péage de congestion peut malgré tout améliorer le bien-être de la collectivité. Leur réponse est positive pour le péage de congestion de Londres, mais, selon les auteurs, il n'y a pas de réponse générale : des facteurs politiques locaux peuvent réduire voire éliminer les améliorations de bien-être potentielles.

2.2.1 L'estimation de TfL en 2007

TfL a mis en place un programme de suivi des conditions de circulation depuis l'introduction du péage en février 2003. Les changements observés en matière de flux et de vitesse de la circulation ont été utilisés dans des modèles d'affectation de trafic (London Transportation Studies model) pour en déduire les changements de durées de déplacements et en dériver une évaluation économique.

L'évaluation de TfL suit la méthodologie standard du DfT (*Department for Transport*) disponible sur Internet sous le nom de WebTAG (*Web Transport Analysis Guidance*, <http://www.webtag.org.uk/>) et notamment les notes 3.5.3 Transport User Benefit Calculation, 3.5.1 Public Accounts Sub-Objective, 3.5.2 Transport Economic Efficiency Sub-Objective.

Tfl a réalisé deux estimations en 2007. Une première relative à l'effet du péage initial de 5£ en comparant les conditions après péage en 2003 aux conditions avant péage en 2002. Il s'agit d'une mise à jour de l'estimation produite ex ante au démarrage du péage (Tfl, 2003). Une seconde estimation est relative à l'effet incrémental de l'augmentation du péage à 8£ et autres modifications du tarif (effectives en juillet 2005), en comparant le contexte de 2005 avec ce nouveau tarif au contexte de 2005 avec le tarif de 5£.

L'évaluation a cherché à isoler et mettre de côté deux effets particuliers : le déclin constaté à long terme dans les niveaux de circulation et celui de la vitesse moyenne dans la zone centrale (*Central*) et intérieure (*Inner*) de Londres. Ces déclins sont attribuables, selon TfL, aux politiques de stationnement et aux mesures de gestion de trafic et de redistribution de l'espace de voirie au détriment des véhicules privés et au profit des bus, cyclistes et piétons, mesures rendues possibles par la mise en place du péage. Selon TfL cela peut expliquer l'accroissement significatif de la congestion en fin d'année 2006.

Pour mettre de côté ces effets l'évaluation considère que la capacité du réseau routier (dans le modèle de trafic utilisé) est inchangée après la mise en route du péage : autrement dit on considère que les améliorations de vitesse calculées dans les conditions de capacité et de péage de 2003 continuent à s'appliquer en 2006.

Les chiffres présentés dans le Tableau 5 sont en valeurs annuelles aux prix du marché de 2005 (et non des valeurs nettes actualisées). Le facteur de conversion des coûts des facteurs aux prix de marché est de 1,209 soit le taux moyen de taxation indirect de l'économie.

Les économies et coûts pour les usagers sont présentés en distinguant les utilisateurs professionnels des non-professionnels i.e. *individuals*, c'est-à-dire pour ces derniers les déplacements faits par les individus pour leurs motifs privés (incluant les navettes domicile-travail).

Travel time : Les économies de temps réalisées par les utilisateurs professionnels s'élèvent respectivement à 142M£ et 163M£. Pour les non-professionnels ces économies s'élèvent respectivement à 54M£ et 65M£. Etant donné l'importance critique de ce poste, nous revenons ci-après plus en détail sur ces estimations.

Reliability : aux économies de temps s'ajoutent les gains en fiabilité des durées de déplacement. Ces gains sont de 22M£ et 27M£ respectivement pour les utilisateurs professionnels, et de 5M£ dans les deux cas pour les non-professionnels. Ces estimations sont également reprises plus en détail ci-après.

	TfL 2007 5£ charge £M per year	TfL 2007 8£ charge £M per year
Car, van and goods user vehicles		
business		
travel time	142	163
reliability	22	27
operating costs fuel	10	11
operating costs non fuel	7	9
compliance costs	-16	-14
user charges	-143	-157
deterred trips	-8	-12
individuals (non business)		
travel time	54	65
reliability	5	5
operating costs fuel	5	6
operating costs non fuel	4	4
compliance costs	-6	-5
user charges	-72	-79
deterred trips	-12	-19
Bus passengers (non business)		
travel time	35	35
reliability	8	8
Society		
Accidents	14	14
CO2	2	2
NOx and PM10	1	1
Additional buses		
operating costs	-18	-18
bus revenues	19	19
Private parking net revenues	-10	-10
Total (WebTAG Transport Economics Efficiency)	43	55
Public accounts: TfL / Government / Boroughs		
Fuel duty (tax loss)	-25	-27
VAT losses on charges and bus fares	-13	-14
Charging		
operating costs	-109	-109
payments and penalty	215	236
infrastructure	-25	-25
Public parking revenues	-15	-15
Total public accounts	28	46
Total	71	101

Source : TFL, 2007a. Valeurs et prix de marché en 2005.

Tableau 5 : Bilan socio-économique global selon TfL

Operating costs fuel and non fuel : les économies de coûts de carburant pour les automobilistes proviennent de la réduction de consommation des véhicules, du fait de l'amélioration des conditions de circulation.

La fluidité accrue de la circulation est estimée, par modèle, procurer une économie d'un peu plus de 1% dans le carburant consommé par la circulation restante (de l'ordre de 1500 millions de litres pour Londres), soit une économie de 17 à 18 millions de litres de carburant, soit encore respectivement 15,4M£ et 16,6M£ en incluant les accises et la TVA (cf. TfL 2007, Tableau 14 p. 14). Selon le tarif du péage, les économies de carburant vont de 10M£ à 11M£ pour les usagers professionnels et de 5M£ et 6M£ pour les non-professionnels : ces accises et cette TVA non perçues apparaissent en négatif dans la partie comptes publics.

Les économies de coûts d'exploitation hors carburant recouvrent l'entretien, la maintenance et la dépréciation des véhicules. L'étude estime que ce coût passe de 6,9 pence par km en l'absence de péage à 6,8 pence en présence de péage. Les économies pour les automobilistes qui continuent de circuler vont, selon le tarif du péage, de 7M£ à 9M£ pour les usagers professionnels et sont de 4M£ pour les non-professionnels. Une très faible variation du coût kilométrique (un dixième de penny) se traduit en millions de livres étant donné l'importance du trafic concerné. Nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

Les économies réalisées par les automobilistes qui réduisent leurs déplacements en automobile ne sont pas considérées ici, puisqu'un calcul de perte *nette* de surplus est effectué pour ces usagers.

Compliance costs : les usagers de la route supportent des coûts de transaction (temps passé à inscrire son véhicule, coût des appels téléphoniques, texto ou Internet pour payer, temps passé à gérer les amendes de péage). Pour les particuliers le coût unitaire de la transaction est présumé à 50 pence et à 1£ pour les professionnels. TfL estime qu'il s'agit d'un ordre de grandeur correct mais qui fait l'objet d'investigations plus poussées. Les coûts totaux sont donc estimés à 16M£ pour les usagers professionnels et à 6M£ pour les non-professionnels dans le cas du péage à 5£. Ils sont réduits à respectivement 14M£ et 5M£ dans le cas du péage à 8£, du fait de la réduction du nombre de paiements.

User charges (and payment and penalty) : les charges de péage (transformées aux prix de marché pour les utilisateurs professionnels qui représentent 62% des paiements pour 40% des déplacements) totalisent 215M£ (dont 143M£ pour les professionnels et 72M£ pour les non-professionnels).

L'augmentation du péage à 8£ provoque une hausse des charges mais une baisse de la circulation donc du nombre de payeurs, soit une recette totale de 236M£ (dont 157M£ pour les professionnels et 79M£ pour les non-professionnels).

Ces charges, qui représentent un transfert des usagers de la route vers la collectivité, apparaissent sous la forme de recettes dans les *Public accounts*, dans la rubrique *payment and penalty*.

Deterred trips : les usagers qui réduisent leurs déplacements en automobile, phénomène mesuré par la baisse du nombre de véhicules-kilomètres suite à la mise en route du péage, subissent une perte, du fait qu'ils retirent un surplus de l'accomplissement de ces déplacements avant la mise en route du péage (les gains des usagers des bus sont mesurés par ailleurs). A l'aide de la mesure de la baisse du nombre de mouvements (34% avec le péage à 5£ et 6% supplémentaires avec le péage à 8£) TfL estime ces pertes de surplus, en tenant compte évidemment du gain de temps dont auraient bénéficié ces usagers s'ils étaient restés sur la route. Les pertes de surplus sont, pour les usagers professionnels, de 8M£ pour le péage

de 5£ et de 12M£ pour le péage de 8£, et respectivement de 12M£ et 19M£ pour les usagers non-professionnels.

Nous pouvons estimer d'une autre manière ces pertes. Il s'agit de l'aire du triangle B'BC' dans la Figure 1 (page 4), soit, en se restreignant à la *Charged Area*, le montant du péage (0,85 €/v-km) moins le gain de temps dont ces usagers auraient bénéficié (0,59 mn/v-km) fois la valeur du temps (44 €/v-h), appliqué aux 255.000 v-km supprimés dans la *Charged Area*, étendu à 255 jours et divisé par deux soit 14 M€ par an. Ce montant est inférieur de moitié au total donné par TfL qui comprend également les véhicules-kilomètres supprimés dans la *Inner* et la *Outer Area* (20 M£ soit 29 M€, cf. supra).

Au total, pour les usagers de la route, le bilan global selon TfL (cf. Tableau 6) mettant en balance les économies de temps réalisées et les charges de péage, est négatif pour un péage de 5£, avec un bilan positif pour les usagers professionnels (14M£), du fait de leur plus forte valeur du temps, et négatif pour les non-professionnels (-22M£). Pour un péage de 8£ le bilan global devient positif puisqu'il s'améliore fortement pour les usagers professionnels (27M£) alors qu'il reste négatif pour les non-professionnels (-23M£).

	TfL 2007 5£ charge £M per year	TfL 2007 8£ charge £M per year
Car, van and goods user vehicles		
business		
travel time	142	163
reliability	22	27
operating costs fuel	10	11
operating costs non fuel	7	9
compliance costs	-16	-14
user charges	-143	-157
deterred trips	-8	-12
subtotal	14	27
individuals (non business)		
travel time	54	65
reliability	5	5
operating costs fuel	5	6
operating costs non fuel	4	4
compliance costs	-6	-5
user charges	-72	-79
deterred trips	-12	-19
subtotal	-22	-23
Total	-8	4

Source : TfL, 2007a. Valeurs et prix de marché en 2005.

Tableau 6 : Bilan pour les usagers de la route

Bus passagers : Du point de vue des usagers du transport en général, il faut inclure les usagers des bus qui gagnent en durée de déplacement et en fiabilité de ces mêmes durées, du fait de la ponctualité accrue des bus qui souffrent moins de la congestion. La réduction des temps d'attente, du fait des fréquences plus élevées des bus, est estimée à 20M£. La réduction de la durée des trajets est estimée à 9M£, ce qui fait un total converti aux prix du marché de 35M£ pour ce qui est de la durée des déplacements.

Les services de bus ont également bénéficié d'une fiabilité accrue. La première année suivant la mise en route du péage, les temps d'attente excédentaires ont baissé de 30% à l'intérieur de la zone à péage (TfL, 2005a). TfL estime les gains des usagers des bus en matière de fiabilité à 7M£, soit 8M£ aux prix du marché. Le total des gains des usagers des bus s'élève donc à 43M£.

Si l'on se cantonne aux gains de temps pour les automobilistes et les usagers des bus, dont les données sont rassemblées dans le Tableau 7 suivant, on constate que le passage de 5£ à 8£ n'apporte qu'un faible gain de décongestion (14%).

	TfL 2007 5£ charge £M per year	TfL 2007 8£ charge £M per year	variation %
Car, van and goods user vehicles			
business			
travel time	142	163	15%
reliability	22	27	23%
individuals (non business)			
travel time	54	65	20%
reliability	5	5	0%
Bus passengers (non business)			
travel time	35	35	0%
reliability	8	8	0%
subtotal	43	43	0%
Total	266	303	14%

Source : TfL, 2007a. Valeurs et prix de marché en 2005.

Tableau 7 : Gains de temps monétarisés

Il résulte du Tableau 6 et des données pour les usagers des bus, que le bilan du point de vue des usagers du transport (automobilistes et usagers des bus) est positif : il s'élève à 14-22+43 soit 36M£ dans le cas du péage à 5£ (le bénéfice des usagers des bus n'a pas été réestimé dans le cas du péage à 8£).

Accidents : une baisse des accidents entraînant des blessures aux personnes est observée entre 2001 et 2004 sur la zone entière de Londres. Cependant cette baisse est plus élevée dans la zone à péage entre 2002 et 2003 (-148 accidents, soit -10%) que dans le reste de Londres (-4%). Une part de cette baisse peut donc raisonnablement être attribuée aux effets du péage. Un modèle de prédiction des accidents en fonction du trafic a été utilisé pour estimer les effets propres au péage : une fourchette de 254 à 307 accidents évités sur la zone entière de Londres seraient attribuables aux effets du péage (soit un quart à un tiers de la baisse des accidents), ce qui donnerait avec le coût standard de 85.000£ par accident, 22M£ à 26M£ d'économies. Une estimation plus prudente se limiterait selon TfL à 14M£.

CO2 : la réduction de la consommation de carburant fossile découlant de la baisse des véhicules-kilomètres est évoquée plus haut (cf. économies de carburant). Sur la base d'une émission moyenne de 2,5 kg de CO2 par litre de carburant consommé, les émissions évitées chaque année vont de 110.000 à 120.000 tonnes de CO2. La valeur de la tonne de CO2 retenue est de 20,45£ (soit environ 30€, ce qui ne semble pas excessif). Il en découle une économie de CO2 valorisée entre 2,3 et 2,5M£.

NOx and PM10 : la réduction d'émissions de NOx attribuable à la baisse des flux et aux modifications de vitesse provoqués par le péage est de 8% dans la zone à péage et 0,2% sur la Inner Ring Road. De même la réduction d'émissions de particules PM10 est de 6% dans la zone à péage mais ces émissions augmentent de 3% sur la Inner Ring Road. Au total les réductions de ces émissions polluantes sont estimées entre 1 et 1,5M£ par an.

Additional buses operating costs : ces coûts résultent de la mise en service des bus supplémentaires (20M£) moins les 4,5M£ d'économie d'exploitation du fait de la fluidité accrue. Ce qui donne 15M£ de coûts d'exploitation net, soit 18M£ aux prix du marché.

Bus revenues : les recettes supplémentaires des usagers des bus s'élèvent à 16M£ soit 19M£ aux prix du marché.

Private and public parking revenues : ce sont les pertes de recettes de stationnement dans les parcs publics à l'intérieur de la zone à péage, valeurs déclarées comme fictives par TfL. Les données manquent pour mesurer précisément les recettes de stationnement (ceux-ci étant gérés par les différentes municipalités – *boroughs* – de Londres). Le total de perte nette de 25M£, pour le public et le privé, représenterait l'excès de la perte de recettes pour les parkings sur l'économie réalisée par les usagers qui ne stationneraient plus.

Fuel duty (tax loss) : la réduction des déplacements entraîne une réduction de la consommation de carburant et donc une baisse des recettes fiscales des taxes sur les carburants : selon TfL elles s'élèvent respectivement à 25M£ et 27M£.

VAT losses on charges and bus fares : il s'agit des pertes de recettes de TVA résultant de ce que les dépenses supplémentaires pour le péage ou les bus sont non soumises à TVA. Elles s'élèvent respectivement à 13M£ et 14M£.

Charging operating costs : les coûts d'exploitation (essentiellement sous forme de rétribution aux opérateurs du système de péage) s'élèvent à 109M£ et sont, selon le contexte exposé ci-dessus, considérés identiques pour le péage à 8£.

Charging infrastructure costs : les coûts d'investissement s'élèvent à 162M£ de ressources, soit 196M£ aux prix du marché. Dans l'estimation de TfL, ils sont annualisés avec une dépréciation sur 10 ans et avec un coût d'opportunité de 5%, soit un coût annuel de 25M£.

L'évaluation des gains de temps et de fiabilité :

Comme déjà évoqué, les gains de temps ont été calculés à l'aide du modèle LTS. Les variations de flux entre avant et après la mise en route du péage telles que données par le modèle, s'accordent globalement avec les variations observées. Le modèle intègre également les déplacements induits autour de la zone à péage (d'environ 33%) du fait de l'augmentation des vitesses. En est déduite une économie nette de 32.000 véhicules-heures par jour, se répartissant entre 37% dans la zone centrale, 45% dans le Inner London et 18% dans le Outer London. Ce niveau monte à 36.800 heures avec le péage à 8£.

L'avantage de la fiabilité a été estimée égale à 0,79 fois la réduction de l'écart-type de la durée de parcours d'une section de route. Au total les avantages de la fiabilité sont estimés à 30% du temps économisé dans la zone à péage, à zéro ailleurs.

Les valeurs du temps sont fondées sur les valeurs données par le WebTAG (pour 2002 par type de véhicule et motif, professionnel, navetteur et autre). Elles sont réévaluées pour Londres avec un facteur de 1,385, représentant la supériorité moyenne des salaires de Londres par rapport à la moyenne nationale entre 2000 et 2003. Enfin, ces valeurs sont ramenées aux prix du marché avec l'indice des prix et une croissance réelle de la valeur du temps (de 5 à 6%

entre 2002 et 2005). Ces valeurs, transformées en euros aux fins de comparaison avec les valeurs françaises, sont indiquées dans le Tableau 8.

Les taux d'occupation des véhicules et les parts de véhicules et motifs sont déduits des comptages de trafic et des enquêtes nationales de déplacements ainsi que du modèle LTS.

	Central			Inner			Outer		
	Occup. moyenne	euro / heure	part de véhicules %	Occup. moyenne	euro / heure	part de véhicules %	Occup. moyenne	euro / heure	part de véhicules %
Voiture									
- professionnel	1.16	69	19	1.19	63	19	1.21	71	12
- navetteur	1.43	17	28	1.47	17	51	1.49	17	68
- autre	1.43	15		1.47	15		1.49	16	
Taxi (passager)	0.86	72	26	0.67	49	9	1	48	3
VUL	1.22	29	21	1.23	29	16	1.23	29	11
Camion	1.34	32	7	1.17	28	4	1	23	6
Moyenne véhicule		44			32			25	
Moyenne personne		37			24			18	

Source : TFL, 2007a. Valeurs et prix de marché en 2005. 1 £ = 1,45 €

Tableau 8 : Valeurs du temps individuelles par zone et type de véhicule, euros par heure

A titre de comparaison les valeurs tutélaires du temps pour les voyageurs en Ile-de-France s'élèvent à 13,7 € (en euros 2000) pour les déplacements professionnels, 12,2 € pour les déplacements domicile-travail et 6,7 € pour les autres déplacements.

Des véhicules-heures économisées et des valeurs du temps ci-dessus sont déduits les valeurs économiques des gains de temps et de fiabilité pour les deux niveaux de péage, valeurs que l'on retrouve ventilées selon les zones (*Charged area*, *Inner area* et *Outer area*) dans le Tableau 9. TfL indique toutefois que le niveau de ces gains dépend des hypothèses faites sur le trafic induit. Si les pertes de temps dues aux déplacements induits sont de 50% au lieu de 33% dans les Inner et Outer Areas, la valeur économique des gains de temps diminue d'un cinquième. Si ces pertes dues au trafic induit s'élèvent à 67%, la baisse de valeur économique des gains de temps serait d'un tiers.

	unit	Charged area	Inner area	Outer area	Total
Pre-charge veh km	000 per day	1 531	15 100	32 929	49 560
Post-charge veh km	000 per day	1 276	14 722	32 708	48 706
Reduction in veh km	000 per day	255	378	221	854
Veh hours saved per day	hours per day	11 953	14 245	5 812	32 010
Time saved per veh km	minutes	0.59	0.06	0.01	
value of time vehicle	pence per min	51	37	29	
time gains	£ per day	365 762	316 239	101 129	783 130
time gains	million £ per year	93	81	26	200
<i>En euros (1£=1.45€)</i>					
value of time vehicle	€ per hour	44	32	25	
time gains	€ per day	530 355	458 547	146 637	1 135 538
time gains	million € per year	135	117	37	290

(source : Tfl, 2007a et calculs des auteurs)

Tableau 9 : Gains de temps ventilés par zone

2.2.2 L'évaluation de Prud'homme et Bocarejo en 2005

En utilisant le modèle standard de congestion et les données préliminaires de TfL, Prud'homme et Bocarejo ont publié en 2005 un premier bilan coûts-avantages du péage de Londres. Le Tableau 10 ci-après confronte les résultats du rapport de l'CEIL¹⁶ et ceux d'une évaluation préliminaire par Tfl (2003b) publiée six mois après l'ouverture du péage.

Les auteurs soulignent qu'ils ont considéré une valeur « généreuse » du temps. Ils rappellent qu'ils se concentrent sur la zone à péage, sans considération des effets sur le trafic à l'extérieur de cette zone, arguant que ces effets ne sont pas clairs (baisse ou augmentation de la congestion). Enfin ils n'ont pas considéré de gains découlant de la fiabilité accrue des durées de déplacement. Sur la base de leurs propres calculs, Prud'homme et Bocarejo concluent que les coûts économiques du péage de Londres sont bien supérieurs à ses avantages.

La différence qui frappe d'emblée est relative à l'estimation des gains de temps du fait de la réduction de congestion. L'estimation de TfL est près de trois fois supérieure à celle de R. Prud'homme et J.P. Bocajero.

Les deux estimations des gains de temps des usagers des bus sont similaires. A ces gains de temps TfL ajoute ses estimations des gains de fiabilité dans les durées des déplacements, de 15 M€ pour les usagers de l'automobile et pour ceux des bus.

Au titre de l'environnement, l'estimation de TfL ne retient aucun avantage en termes de pollution, au contraire des auteurs qui calculent un bénéfice environnemental (5 M€) à partir de la diminution de trafic et des valeurs officielles françaises des coûts de pollution (29 € / 1000 v-km). TfL inclut plutôt des bénéfices de réduction d'accidents du fait de la réduction de la circulation (22 M€).

¹⁶ Pour alléger le style on a choisi de citer le rapport de Rémi Prud'homme et Juan Pablo Bocajero sous le terme de « rapport de l'CEIL », du nom de l'organisme d'appartenance des auteurs.

	rapport CEIL	TfL (2003)
	M€ par an	M€ par an
Gains de temps des usagers de véhicules routiers	68	196
Fiabilité accrue pour les usagers de véhicules routiers	-	15
Gains de temps des usagers des bus	31	29
Fiabilité accrue pour les usagers des bus	-	15
Bénéfices environnementaux	5	-
Réduction d'accidents	-	22
Economies d'usage des véhicules	-	15
Perte pour les usagers de l'automobile se transférant sur les transports collectifs	-	-29
Total bénéfices	104	261
Coûts de perception	172	160
Subventions bus	5	29
Total coûts	177	189
Bénéfice net	-73	73

Source : Prud'homme et Bocarejo (2005) et TfL (2003), taux de change de 1,45 € pour 1 £

Tableau 10 : Bilans socio-économique comparés du péage de Londres (péage de 5£)

Enfin, TfL tient compte également d'une économie en coûts d'usage (y compris de carburant) pour les véhicules restant sur la voirie du fait d'une circulation moins congestionnée, et d'une perte pour les usagers se transférant de l'automobile vers les transports collectifs.

Au total les bénéfices estimés par TfL sont deux fois et demi supérieurs à ceux estimés par l'CEIL.

Du côté des coûts, TfL donne des coûts de perception légèrement inférieurs et des coûts dus à la subvention de l'offre supplémentaire de bus bien supérieurs (29 M€ contre 5 M€). Cela donne au total des coûts légèrement supérieurs pour TfL.

L'un dans l'autre, étant donné l'énorme différence dans les gains de congestion estimés, TfL estime que l'opération est économiquement avantageuse avec un gain net de 73 M€ par an, contre une perte de 73 M€ selon les calculs de l'CEIL.

On voit que l'essentiel réside dans le calcul des gains de la réduction de congestion et c'est donc surtout sur ce point que porte notre analyse.

2.3 Analyse critique des évaluations économiques

Cette analyse porte sur quatre points, la ré-estimation des bénéfices et coûts du péage à l'aide du modèle standard et à partir des données de base de TfL publiées en 2007, la sensibilité du bilan de décongestion aux mesures des vitesses automobiles, la prise en compte des gains de temps marginaux et enfin la prise en compte de la fiabilité des durées de déplacement.

2.3.1 Mise en œuvre du modèle de congestion

Compte tenu de la disponibilité des données publiées par TfL et de la relative simplicité du modèle de congestion présenté auparavant, il a été possible de porter ce dernier sous tableur pour effectuer quelques simulations sur les gains de décongestion : il n'y a pas de difficulté notable, les équations décrites dans la présentation du modèle de congestion (cf. supra) ont pu être ajustées et mises en œuvre.

Le gain de décongestion est obtenu par calcul de l'aire B'A'AB dans la Figure 1, approchée par l'aire du trapèze formé par ces quatre points. Les valeurs obtenues sont ramenées à l'année (sur la base de 255 jours d'opération par an) afin de pouvoir comparer ces chiffres avec ceux de TfL.

Une première étape consiste à vérifier que le modèle mis en œuvre sous tableur permet de retrouver les valeurs avancées par Prud'homme et Bocarejo. Les paramètres utilisés sont ceux des auteurs, obtenus ou estimés à partir des sources qu'ils avaient à leur disposition au moment de leur étude de 2005 : les valeurs de ces paramètres sont rappelées dans le Tableau 11.

coût exploitation (€/km)	0.15
valeur du temps individuelle (€/h)	15.60
taux remplissage (occupants/véh)	1.34
valeur du temps véhicule (€/h)	20.90
vitesse à vide (km/h)	31.60
vitesse avant péage (km/h)	14.30
trafic avant péage (000 véh-km)	1390
pente de la droite de vitesse (b)	0.01245
trafic après péage (000 véh-km)	1160
péage moyen (€/véh-km)	0.56

Tableau 11 : Paramètres de l'étude de l'OEIL (2005)

On obtient par le modèle sous tableur 66 M€ (par an) ce qui est légèrement inférieur au résultat donné dans le rapport de l'OEIL (68 M€) : nous considérons cela comme acceptable et cela n'invalide pas l'utilisation du modèle en simulation sous tableur.

Il est alors possible d'utiliser ce modèle avec des valeurs mises à jour grâce aux études de suivi publiées par TfL : ces études ont régulièrement affiné par enquêtes, comptages ou modélisation, les indicateurs de trafic correspondant à la situation prévalant en 2005. Ces valeurs sont rassemblées dans le Tableau 12 ci-dessous et discutées ci-après.

coût exploitation (€/km)	0.27
valeur du temps individuelle (€/h)	37.00
taux remplissage (occupants/véh)	1.19
valeur du temps véhicule (€/h)	44.00
vitesse avant péage (km/h)	14.10
vitesse après péage (km/h)	16.40
trafic avant péage (000 véh-km)	1531
pente de la droite de vitesse (b)	0.00902
trafic après péage (000 véh-km)	1276
péage moyen (€/véh-km)	0.85

Source : TFL (2007) aux prix et valeurs 2005 (converties en euros)

Tableau 12 : Paramètres de Tfl (2007)

Le coût d'exploitation kilométrique comprend le carburant et une part hors carburant. Cette dernière est estimée par (TfL, 2007a, p.14) à 6,9 pence/v-km soit 0,10 €/v-km. La distance parcourue par litre de carburant s'élève à 7,8 km (TfL, 2007a, p.14), ce qui donne avec un prix moyen de 1,35 € par litre, 0,17 €/km pour le carburant. Le total du coût d'exploitation s'élève à 0,27 €/km.

Les valeurs du temps individuelle et par véhicule, ainsi que le taux de remplissage sont ceux donnés par TfL (cf. Tableau 8).

Les vitesses et le trafic avant et après péage proviennent également de (TfL, 2007a, p.29). la pente de la droite vitesse-traffic est calculée sur la base des deux points avant et après péage, et donne une valeur assez différente de celle calculée par Prud'homme et Bocarejo. Nous reviendrons sur ce point ci-après.

Le péage moyen est calculé sur la base des recettes annuelles (190 M£, TfL, 2007a, p.15), ramenées à 255 jours et rapportées au trafic (1276 v-km), soit 0,85 €/v-km.

L'application de ces paramètres aboutit à un gain dû à la décongestion s'élevant à 133 M€ par an. Cette valeur obtenue est très proche des 135 M€ donnés par TfL pour la zone à péage (cf. Tableau 9, *Charged area*).

Bien évidemment, les paramètres d'entrée sont entachés d'erreurs et des tests de sensibilité nous permettent d'analyser les sources principales de la variation de ce bilan socio-économique, et notamment de sa différence avec les résultats de Prud'homme et Bocarejo.

Le changement du coût d'exploitation kilométrique, supposé constant dans notre modèle, n'a aucune incidence sur le calcul de l'aire B'A'AB (les courbes sont simplement décalées verticalement de la même quantité).

Dans le Tableau 13 ci-dessous sont donnés les impacts, calculés par le modèle, de variations de + ou -10% des paramètres d'entrée. Ces variations sont considérées séparément pour chacun des paramètres d'entrée.

	Valeur de référence	variation de	Impact
valeur du temps individuelle (€/h)	37.00	+10% -10%	12% -12%
vitesse avant péage (km/h)	14.10	+10% -10%	-79% +102%
vitesse après péage (km/h)	16.40	+10% -10%	+72% -83%
trafic avant péage (000 véh-km)	1531	+10% -10%	-5% +5%
trafic après péage (000 véh-km)	1276	+10% -10%	+15% -15%
péage moyen (€/véh-km)	0.85	+10% -10%	-2% +2%

Tableau 13 : Sensibilité du gain de décongestion à des variations des paramètres d'entrée

L'impact de variations de la valeur du temps est plus que proportionnel, et, comme on pouvait s'y attendre, cette valeur joue un rôle central dans la monétarisation des gains de temps. En utilisant les paramètres de Prud'homme et Bocarejo (Tableau 11) et en y remplaçant la valeur du temps de 15,6 € par personne et par heure par 37 €, le gain monétarisé de congestion passe de 66 M€ par an à 178 M€ par an : cela explique pour l'essentiel (et même au-delà) la différence entre les deux évaluations.

La valeur du temps utilisée par l'CEIL provenait d'un rapport donnant des valeurs du temps pour la région de Londres pour 2001. Les auteurs font remarquer qu'elle est quasiment le double de celle appliquée en région parisienne (8,8 €/h selon le rapport Boiteux, valeur moyenne tous motifs confondus, mais en euros de 1998). Selon TfL (2007) cette valeur du temps est inférieure de 28% à la valeur du temps nationale officielle (aux prix de 2005) : il faut prendre en compte les effets de l'inflation et de la croissance économique depuis 2001.

En outre, comme exposé plus haut, il faut également tenir compte de la supériorité des salaires à Londres par rapport au reste du Royaume-Uni (cf. supra la section sur les valeurs du temps). Le rapport Boiteux (2001) propose que les valeurs du temps soient estimées en référence au coût salarial, soit 61% de ce dernier pour les déplacements professionnels, 55% pour le domicile-travail, 30% pour les autres déplacements, et 42% en moyenne tous déplacements confondus (avec un coût salarial moyen de 21 €₁₉₉₈ en Ile-de-France). Des mesures sur deux autoroutes à péage californiennes (Brownstone et Small, 2005) indiquent des valeurs du temps observées dans une plage de 50 à 90% du taux de salaire moyen (soit une valeur du temps de 20 à 40\$ de l'heure). En conséquence, les valeurs du temps retenues par TfL nous semblent assez peu contestables.

En revanche, d'autres aspects méritent une analyse plus approfondie, compte tenu des risques d'erreur qui y sont attachés. Il s'agit tout d'abord de la mesure des vitesses qui, compte tenu du trafic concerné, a un impact direct et important sur la mesure de la quantité de temps gagné. En outre, dans son évaluation globale, TfL ajoute d'une part les gains de temps dans le reste de l'agglomération londonienne, certains paraissant à première vue très marginaux, d'autre part des avantages résultants d'une amélioration de la fiabilité des temps de parcours. Ces différents aspects sont abordés ci-après.

2.3.2 Une grande sensibilité aux mesures de variations des vitesses

TfL mesure la congestion, selon une méthode décrite dans le rapport de méthodologie de suivi (TfL, 2003a) en minutes supplémentaires par kilomètre par rapport à une référence qui est la vitesse de nuit (aux premières heures du matin). Ces vitesses et cette congestion moyennes sont le résultat des vitesses observées par enquêtes sur les routes, au moyen de véhicules-témoins circulant sur le réseau routier, pondérées par les volumes de trafic observés sur chaque route.

Rappelons que dans le modèle que nous utilisons, la vitesse est modélisée comme suit (en suivant la proposition de Prud'homme et Bocarejo)

$$v(q) = v_0 - bq$$

v la vitesse dépend de q le volume *total* de trafic

v_0 est la vitesse à vide

b le paramètre à estimer.

Au moins trois points sont en principe connus (cf. Tableau 14), ce qui est un peu trop pour estimer la pente d'une droite...

	trafic (véh-km)	vitesse (km-h)	sources
A vide	0 ?	31.60	TfL, 2003
		33.00	TfL, 2007b
Avant péage	1531	14.10	TfL, 2007a
Après péage	1276	16.40	TfL, 2007a

Tableau 14 : Les différentes mesures des vitesses

Plusieurs manières sont possibles pour estimer la pente b de la droite trafic-vitesse, à partir de la vitesse à vide et de la vitesse observée en journée, ou encore à partir des vitesses observées avant et après mise en route du péage. Les impacts de ces différentes méthodes sont illustrés ci-après dans le Tableau 15, en injectant dans le modèle les différentes valeurs de la pente b conjointement aux autres paramètres qui restent inchangés (cf. Tableau 12).

	Comparaisons	trafic (véh-km)	vitesse (km-h)	pente b	variation du gain de décongestion
Calcul 1	Avant péage	1531	14.10	0.00902	0% (référence)
	Après péage	1276	16.40		
Calcul 2	A vide	0	31.60	0.01143	+28%
	Avant péage	1531	14.10		
Calcul 3	A vide	0	33.00	0.01234	+38%
	Avant péage	1531	14.10		

Tableau 15 : Sensibilité du gain de décongestion aux différentes mesures de vitesses

Selon la méthode adoptée, mais avec différentes valeurs empiriques obtenues par TfL, le gain de décongestion peut augmenter d'environ 30% à 40%.

Ces calculs simples montrent l'extrême sensibilité du calcul du gain de décongestion aux variations de vitesses avant et après mise en route du péage. Ils soulignent la grande importance de la précision de mesure des vitesses si l'on veut mener une évaluation économique solide des gains à attendre du péage de congestion.

2.3.3 Le problème des gains de temps marginaux

Dans son calcul des gains de temps monétarisés, TfL ajoute aux gains de temps calculés pour la zone à péage (*Charged area*) les gains de temps estimés pour les deux autres zones entourant la première, à savoir la *Inner area* et la *Outer area*. Or les temps gagnés au kilomètre dans chacune de ces deux zones s'élèvent respectivement à 0,06 minute par véhicule-kilomètre et 0,01 minute par véhicule-kilomètre (cf. Tableau 9). Il s'agit de gains déduits d'améliorations de vitesse estimées par modèle. Ces gains kilométriques sont très faibles (surtout quand on les compare à l'économie de 0,59 minute par véhicule-kilomètre dans la *Charged area*). Cependant, ces gains pondérés par les trafics concernés (respectivement 14,722 millions et 32,708 millions de véhicules-kilomètres), donnent 14.245 heures économisées par jour dans la *Inner area* (plus que les 11.953 heures économisées dans la *Charged area*) et 5812 heures économisées par jour dans la *Outer area*. Avec les valeurs du temps élevées de Londres, cela donne des gains monétarisés supplémentaires de respectivement 117 M€ et 37 M€ par an, ce qui revient au total à doubler le gain de décongestion calculé sur la seule *Charged area*.

Ces gains de 0,06 minute et 0,01 minute par véhicule-kilomètre représentent par exemple pour un trajet de 10 km (soit d'une durée de 30 mn selon TfL) respectivement 36 secondes et 6 secondes.

La position de TfL est que les gains de temps marginaux devraient être inclus dans l'évaluation. Une position opposée est de considérer que ces gains de temps sont trop faibles en regard des déplacements effectués et non significatifs pour l'utilisateur, et qu'il n'ont pas à être inclus dans l'évaluation socio-économique.

2.3.4 La prise en compte de la fiabilité des durées de déplacement

Un autre facteur qui milite en faveur d'estimations plus élevées des gains de la décongestion a trait à l'amélioration de la fiabilité (*reliability*) découlant de la diminution des épisodes de blocage de la circulation : selon TfL (2004), la proportion du temps passé par les conducteurs à l'arrêt ou en bouchon a décru d'un tiers.

Un modèle désormais reconnu de comportement est que l'utilisateur des transports (qu'il emprunte la voiture ou les transports collectifs) cherche à minimiser son coût généralisé de déplacement en tenant compte non seulement du coût du temps de parcours mais aussi du coût du retard ou de l'avance à l'arrivée. De Palma et Fontan ont mesuré ces valeurs pour les déplacements domicile-travail en région parisienne (enquête MADDIF, 2000), soit 12,96 €/h pour la valeur du temps de parcours (valeur cohérente avec les valeurs Boiteux), 8,61 €/h pour la valeur du temps d'avance à l'arrivée et 30,22 €/h pour la valeur du temps de retard, soit plus du double de la valeur du temps de parcours.

Brownstone et Small (2005) ont estimé dans le cas des autoroutes californiennes à péage une valorisation de la fiabilité du temps de parcours dans la plage de 95 à 140% de la valeur

médiane du temps. Ils en concluent que la valorisation du service offert par une autoroute à péage par rapport à une gratuite vient pour deux tiers du temps de parcours et pour un tiers de la fiabilité. Plus récemment van Lint et al (2008) soulignent qu'il existe plusieurs définitions de la fiabilité et que sa mesure devrait tenir compte non seulement de la variance des temps de parcours mais aussi de l'asymétrie de la distribution de ces temps de parcours (en particulier les valeurs extrêmes).

Ces différents travaux témoignent à l'évidence d'un champ de recherche actif et largement ouvert à l'exploration.

2.3.5 Le cercle vertueux sur les bus dans le cas de Londres

Nous utilisons le modèle de Small pour évaluer le péage de Londres en 2003 en utilisant les données publiées par TfL en 2007. Les données sont au prix 2005 (le facteur de conversion des coûts des facteurs aux prix de marché est de 1,209).

Les valeurs des paramètres sont les suivantes :

- les valeurs des *vitesse des bus* ne concernent que la zone à péage. Leur vitesse s'est accrue de 7% (TfL, 2007b, p.59)
- comme les données sur la seule zone à péage n'existent pas, les chiffres des coûts d'exploitation, comme ceux des recettes des bus et des passagers-km concernent l'ensemble des bus de Londres avant la mise en place du péage. Cela ne pose pas de problème particulier tant que nous raisonnons en ratios.
- comme Small, nous retiendrons également les passagers-km, les recettes et les coûts d'exploitation en 2000-2001. En effet, en 2002, préalablement à l'ouverture du péage, l'offre de service de bus a connu une amélioration significative (ce qui correspondrait à l'effet de la hausse de subvention intégrée dans le modèle de Small). Pour éviter une redondance la situation initiale est donc calée sur 2001. Le nombre de passager.km avant péage est de 4 709 millions (TfL, 2001, p. 37). Les recettes de bus avant péage sont de 538 M£, ce qui donne $538 * 1,45 = 780$ Meuros. Les coûts d'exploitation des bus avant la mise en place du péage sont de 643 M£, soit 932 Meuros. Nous obtenons également le coût d'exploitation des bus aux prix 2005 (pour être cohérent avec l'évaluation du péage), soit $932 * 1,209 = 1\ 127$ Meuros.
- pour les recettes nettes du péage, TfL donne 215 M£ (soit 311 Meuros, TfL p.136) desquelles nous déduisons les coûts d'exploitation du péage (110 M£), soit des recettes nettes de 105 M£. Leape (2006), nous indique que 80% des recettes nettes du péage reviennent aux bus, soit 84 M£ (121,8 Meuros) de subvention.
- Pour estimer une valeur du temps des passagers de bus pour Londres, nous partons de la valeur du temps en voiture par véhicule et par motif donnée par TfL. Grâce au taux d'occupation du véhicule nous retrouvons d'abord la valeur du temps en voiture par personne et par motif. On sait par ailleurs (rapport HEATCO) que la VOT pour les bus équivaut à 80% de celle de la voiture pour un motif professionnel et à 71,5% pour motif autre que professionnel. Nous faisons ce calcul pour les trois zones du Grand Londres (*Central, Inner et Outer area*). Puis nous pondérons ces valeurs du temps en fonction du trafic de chaque zone par rapport au trafic total dans le Grand Londres (soit respectivement 3%, 30% et 67% du trafic). Nous obtenons une valeur du temps pour les usagers des bus de 15,5 euros/h/pers au prix 2005.

- l'élasticité de la demande au service (bus-km/h) : Dargay et Hanly (1999) retiennent + 0,38 pour Londres, de même que Paulley et *al.* (2006). Nous retenons cette valeur de + 0,38 (et non de + 0,3 pour Small)
- la valeur retenue pour l'élasticité de la demande au tarif des bus : Dargay et Hanly (1999) retiennent - 0,46 pour Londres ; Nash (1988) - 0,3 et Paulley et *al.* (2006) - 0,37. Nous retenons une élasticité de - 0,3 (au lieu de -0,25 pour Small).
- la valeur du ratio $C2/C=0,45$. Small reprend White (1990) qui estime que des minibus de 16-20 places ont en Grande-Bretagne des coûts d'exploitation par bus-km équivalent à 65% d'un bus complet. En supposant que que l'on applique cela sur un minibus de 20 places et un bus complet de 86 places, par extrapolation on obtient $C2/C=0,45$.
- Enfin, nous retenons la même valeur que Small pour le ratio $dQ^{(1)}/Q$ qui correspond à la variation du nombre de passagers-déplacements par heure, soit 6%. Il s'agit du report modal direct excluant les effets de l'amélioration des bus en 2002.

A ce stade, un commentaire s'impose sur le niveau du ratio intermédiaire Uv/C , autrement dit le ratio du coût du temps dans les bus rapporté aux coûts d'exploitation¹⁷. Nous obtenons un ratio de 4,77 au lieu du 2,9 que Small retenait. Ceci s'explique par la valeur du temps que nous retenons pour Londres qui est le double de celle de Small (15,5 euros/h/pers contre 7,7 pour Small).

L'ensemble de ces paramètres sont récapitulés dans le Tableau 16 ci-après.

Les principaux résultats de l'estimation avec les données 2003 issues de l'Impact Monitoring 2007 sont les suivants (Tableau 17) :

- Au total, les bénéfices nets sont une fraction significative des coûts d'exploitation agrégés initiaux (+50%, dernière ligne du tableau). Les bénéfices nets profitent principalement des avantages liés au changement de vitesse des bus rapporté au coût (+45%, ligne 9) et au changement du nombre d'utilisateurs des bus rapporté au coût (+ 5%, ligne 10).
- La réduction du temps dans le véhicule de l'utilisateur est équivalente, d'un point de vue de l'utilisateur, à une réduction de 45% du tarif (ligne 5). L'économie de coûts d'exploitation découlant d'une vitesse des bus plus élevée est une compensation significative du coût supplémentaire lié à l'extension du nombre d'utilisateurs (1% d'économies de coûts pour l'exploitant, ligne 8).
- Enfin, les résultats montrent qu'une hausse de l'offre de bus de 6% (ratio intermédiaire) conduit à une hausse du nombre d'utilisateurs de 22% (ligne 4).

¹⁷ Soit [(nombre de passagers-km*valeur du temps)/vitesse moyenne]/coût

Londres données TfL (en euros soit 1£=1,45euros) et au prix de marché 2005

Données de base	
Environnement du service de bus (exogène)	
Vitesse moyenne des bus avant (km/h)	10,86
Vitesse moyenne des bus après (km/h)	11,71
Vitesse moyenne des bus dans la Inner Area avant peage (km/h)	13,57
Nombre total d'utilisateurs de bus et financement	
Nombre de passagers-km dans les bus (millions)	4 709,00
Recettes bus (en millions euros)	780,00
Coûts et paramètres de coûts	
Coût d'exploitation bus (millions euros) en 2001	932,35
Coût d'exploitation bus (millions euros) en 2001 au prix 2005	1 127,21
Coûts du temps des passagers dans les bus (Uv, millionseuros)	5 378,74
Montant des recettes du péage 2003 affecté aux TC (bus, metro, ...) par an	121,80
Part des recettes affectées qui vont aux seuls bus	1,00
Subventions supplémentaires aux bus (millions de euros)	121,80
Valeur du temps du passager dans le véhicule (euros/h)	15,50
Paramètres de demande	
Elasticité de la demande au service (bus-km / h)	0,38
Elasticité de la demande au tarif des bus	-0,30

Ratios intermédiaires	
Ratios intermédiaires pour le bilan obtenus par hypothèses	
<i>Ratio du coût d'augmentation de la taille des bus aux coûts de l'opérateur</i>	0,45
Ratios intermédiaires pour le bilan obtenus par données officielles	
$\frac{dQ}{Q}$ ⁽¹⁾	
de du nombre de passagers-déplacements par heure	0,06
Calculs de ratios intermediaires pour le bilan	
Variation de la vitesse moyenne d'un bus	0,08
Ratio de l'accroissement de subvention sur les coûts d'exploitation	0,11
Recettes / Coûts d'exploitation	0,84
Ratio des coûts du temps dans les bus / coûts d'exploitation	4,77
Paramètre de calcul	0,26

Tableau 16 : Les paramètres du modèle de bus avec les données TfL

Cas de base	Comme une fraction de	Resultat Small données TfL 07 (en euros)
Changement ultime du nombre de passagers		0,119
Variation relative Bus-km de service	bus-km de service	0,345
Variation relative Tarif	tarif	-0,096
Variation relative nombre total d'utilisateurs de bus	nombre d'utilisateurs	0,220
Coût du temps dans le véhicule	tarif	-0,446
Coût du temps hors du véhicule	tarif	-0,227
Coût d'usage moyen total	tarif	-0,673
Coût moyen d'agence	Coût d'agence moyen	-0,010
Liés au changement de vitesse et rapportés au coût	Coût d'agence	0,452
Liés à la hausse du nombre total d'utilisateurs de bus et	Coût d'agence	0,046
Bénéfices totaux rapportés au coût	Coût d'agence	0,498

Tableau 17 : Les résultats du modèle de bus avec les données TfL

Nos résultats confirment et amplifient le cercle vertueux du péage urbain sur les bus décrit par Small. Par ailleurs, le modèle de Small montre quel devrait être le comportement optimal de l'opérateur de bus lors de la mise en place d'un péage urbain. Dans le cas de Londres, cela signifie par exemple que l'opérateur aurait dû baisser ses tarifs de presque -10% (partie haute du Tableau 17, ligne 3), que l'offre de bus-km aurait dû s'accroître de presque +35% (ligne 2) ce qui aurait conduit à une hausse du nombre total d'utilisateurs de bus de +22%.

2.3.6 Le surplus des usagers des bus

Dans la réalité, le comportement de TfL n'a pas été celui de l'optimum pointé par le modèle de Small : les tarifs des bus n'ont pas baissé¹⁸ de 10% et l'offre de bus-km ne s'est pas accrue de 35%¹⁹.

Il nous faut en prendre acte et estimer le surplus des usagers avec la bonne vieille méthode de calcul de variation du surplus.

Les observations dont nous disposons au sujet des variations de vitesse des bus ne concernent que la zone du Central London correspondant à peu près à la zone à péage. Les vitesses moyennes sont de 10,86 km/h avant l'ouverture du péage et 11,71 km/h après. Il nous semble raisonnable d'estimer qu'en dehors de cette zone les gains de vitesse ont été négligeables. Il nous faut donc estimer le nombre de passagers-kilomètres en bus dans la zone à péage, avant et après la mise en place du péage, ces chiffres n'étant pas disponibles dans les rapports de TfL. Nous ne disposons que du total de passagers-km en bus sur l'aire de Londres après l'ouverture du péage, soit 5734 millions de passagers-km (TfL, 2005c). Nous faisons l'hypothèse que la part de ces passagers-km réalisés dans la zone centrale est la même que celle des voyageurs-km réalisés en voiture dans la zone centrale, soit 3%. De plus nous savons que l'augmentation des déplacements en bus dans cette zone centrale a été de 11% et nous considérons qu'il en est de même pour les passagers-km (en supposant la distance moyenne inchangée) : cela nous donne une estimation de 154 millions de passagers-km en bus dans la zone centrale après la mise en route du péage et de 139 millions avant.

Il nous faut estimer la valeur du temps de ces passagers dans la zone centrale et, pour ce faire, nous partons du Tableau 8 sur les valeurs du temps en voiture particulière. Comme en voiture et dans la zone centrale la part des navetteurs représente un peu moins de la moitié du total navetteurs+professionnels+passagers de taxis, nous estimons que les usagers des bus se répartissent pour moitié entre navetteurs et motifs professionnels. En appliquant la même règle que précédemment (issue du rapport HEATCO) pour déduire les valeurs du temps par motif des usagers des transports collectifs de celles de la voiture particulière, nous obtenons une valeur du temps moyenne de 28€/h pour les usagers des bus dans la zone centrale.

Nous pouvons donc en déduire d'une part la valorisation monétaire du gain de temps pour les usagers existants avant la mise en place du péage, soit 26 millions d'euros, et le gain de temps pour les nouveaux usagers (divisé par deux), soit 1,4 millions d'euros.

Le total de ces gains de temps est de 27 millions d'euros, soit un peu plus de la moitié de ce qui est avancé par TfL (51 M€, i.e. les 35 M£ à 1,45€/£) et un peu moins que l'estimation de 31 M€ de Prud'homme et Bocarejo. Il est probable que l'estimation de TfL comprend des gains de temps marginaux réalisés en dehors de la zone à péage, comme c'est le cas pour la voiture particulière (la première estimation de TfL en 2003 donnait 29 M€).

¹⁸ Le tarif moyen payé en 2000/2001 était (en base 100 en 1971) de 113,72 et de 96,11 en 2002/2003, soit une baisse de 18,3%. Toutefois, si on déflate ce tarif des salaires réels à Londres, celui-ci serait passé de 55,32 à 43,17 sur les mêmes périodes, soit une baisse de 28% (TfL, 2005c).

¹⁹ Les bus-km s'élevaient à 357 millions en 2000/2001 et à 398 millions en 2002/2003 pour Londres (TfL, 2005c). Si on fait à nouveau l'hypothèse que la zone à péage concentre 6% du trafic de bus, on obtient pour 2000/2001, 21,4 millions et pour 2002/2003, 23,89 millions, soit une hausse de 11,5%.

2.3.7 La durée d'amortissement des investissements

En ce qui concerne les infrastructures de péage TfL calcule un amortissement sur 10 ans comme Prud'homme et Bocarejo. Dans le cas suédois Transek retient une durée de vie de 40 ans, ce qui semble excessif au regard de l'importance des équipements électroniques ou optroniques dans cette infrastructure. Il va de soi que la durée de l'amortissement a un impact important sur les annuités. En reprenant le coût d'investissement aux prix de marché de TfL de 196 M£, soit 284 M€, avec un amortissement linéaire sur une durée de 10, 15 ou 40 ans, les annuités s'élèvent respectivement à 28, 19 et 7 M€.

Il semble raisonnable de rester à une durée d'amortissement de 10 ans pour les infrastructures de péage, soit 28 M€.

Pour ce qui est des 250 bus supplémentaires mis en service, Prud'homme et Bocarejo (2005a) indiquent un coût d'investissement de 100 M€ et amortissent la dépense sur 10 ans. Une durée de 15 ans semble plus raisonnable, ce qui donne une annuité de 7 M€.

2.3.8 Synthèse : une évaluation prudente

Afin de réaliser une évaluation coûts-avantages complète nous considérons les quatre postes de surplus suivants : les usagers des transports, les opérateurs de transport, les externalités et la collectivité publique.

En outre, étant donné la faiblesse des gains de temps par véhicule-kilomètre en dehors de la *Charged area*, nous présentons deux estimations globales : l'une, pessimiste, restreint les gains de temps à cette zone à péage, l'autre, optimiste, considère la totalité des gains de temps sur les trois zones (*Charged, Inner et Outer areas*), à l'instar de TfL. Enfin, nous présentons de manière optionnelle les gains dus à l'amélioration de la fiabilité.

Par rapport à l'estimation de TfL (cf. Tableau 5), nous retenons ou non les éléments suivants :

Pour les usagers des transports :

- En ce qui concerne la circulation automobile, pour plus de clarté nous indiquons le montant des charges payées par les automobilistes au titre du péage. Bien entendu, nous faisons apparaître pour la collectivité publique l'exacte contrepartie en recette. Au total il ne s'agit que d'un transfert des automobilistes vers la collectivité.
- Deux estimations des gains de temps dont retenues : une estimation basse, avec les gains de temps restreints à la zone de péage (*Charged area*) soit +133 M€ ; une estimation haute incluant la totalité des gains de temps réalisés par les véhicules circulant dans la *Inner* et la *Outer Area*, soit +290 M€.
- Malgré le caractère controversé des méthodes d'estimation des gains dus à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours pour les usagers de la route, nous retenons l'estimation de TfL à 27 M£, soit 39 M€, gains attribués aux déplacements effectués dans la *Charged area*.
- Nous excluons, pour les usagers de l'automobile qui continuent à l'utiliser après la mise en route du péage, les gains d'exploitation des véhicules (hors carburant), étant donné leur très faible variation (0,1 penny par km entre avant et après péage), ainsi que les économies de carburant (passage de 7,8 à 7,9 km par litre de carburant).
- Nous retenons les coûts de mise en conformité au péage pour les automobilistes (coûts de transaction, cf. supra). Ces coûts sont estimés par TfL à 22 M£ soit 32 M€.

- Nous retenons également la perte nette de surplus des automobilistes qui réduisent leur usage de la voiture, soit 14 M€ par an si l'on se restreint à la *Charged Area*, ou 29 M€ en tenant compte également les véhicules-kilomètres supprimés dans la *Inner* et la *Outer Area*.
- En ce qui concerne les usagers des bus, nous incluons bien sûr les gains de temps dus à l'amélioration de la circulation des bus, soit 27 M€ selon notre estimation.
- Nous retenons, comme pour les automobilistes, les gains dus à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours pour les usagers des bus (8 M£ selon TfL soit 12 M€).

Pour les opérateurs de transport :

- Nous tenons compte des coûts d'investissement en bus supplémentaires amortis sur 15 ans, soit 7 M€, et des coûts d'exploitation correspondants (18 M£ soit 28 M€), soit un total de 33 M€.
- De l'autre côté nous retenons les recettes additionnelles dues à la hausse de fréquentation (19 M£ soit 26 M€).
- Nous incluons les pertes de recettes de parking (privés et publics), soit 36 M€.

Pour les externalités autres que la congestion :

- Nous retenons un gain concernant la pollution environnementale de 5 M€ (CO₂, NO_x et PM₁₀).
- Pour les accidents, nous divisons par deux l'estimation de TfL (254 à 307 accidents auraient été évités grâce au péage, calcul par modèle) car seuls 148 accidents ont été évités entre 2002 et 2003 dans la zone à péage. Ce qui donne 7 M£, soit 10 M€.

Pour la collectivité publique :

- Nous tenons compte évidemment des coûts de perception du péage 109 M£, soit 158 M€, et des coûts d'investissement amortis sur 10 ans, soit 28 M€.
- Nous incluons les pertes de recette fiscale, de taxes sur les carburants de 25 à 27 M£, soit 36 à 39 M€, et de TVA, de 13 à 14 M£, soit 19 à 20 M€.
- Tel qu'indiqué dans le chapitre 1 au sujet des coûts des fonds publics, nous retenons un CMFP de 1,3. Par contre l'estimation du COFP est beaucoup plus ouverte : Prud'homme et Bocarejo retiennent 5% tandis que, comme nous le verrons pour le cas de Stockholm, la Suède affiche un taux de 23%. En l'absence de valeur qui s'imposerait, nous retenons une valeur centrale de 15% et nous calculerons la sensibilité du bilan à des taux de 5% et 23%.

L'ensemble de ces chiffres est récapitulé dans le Tableau 18 ci-dessous.

	Péage de 5£		Péage de 8£
	Charged area	Total (Charged + Inner + Outer area)	Total (Charged + Inner + Outer area)
	M€ par an	M€ par an	M€ par an
<i>Usagers des transports</i>			
Usagers des véhicules routiers			
Gains de temps des usagers de véhicules routiers	133	290	331
Fiabilité des temps de parcours pour les usagers de la route	39	39	46
Péages	-215	-215	-236
Coûts de mise en conformité au péage pour les automobilistes	-32	-32	-28
Eviction	-14	-29	-45
Total	-89	53	68
Usagers des TC			
Gains de temps des usagers des bus	27	27	27
Fiabilité des temps de parcours pour les usagers des bus	12	12	12
Total	39	39	39
<i>Opérateurs de transport</i>			
Opérateur TC			
Coûts additionnels bus (invest. + exploitation)	-33	-33	-33
Recettes additionnelles bus	28	28	28
Total	-5	-5	-5
Autres			
Perte de recettes de parking (privés et publics)	-36	-36	-36
<i>Environnement et autres externalités</i>			
Bénéfices environnementaux	5	5	5
Réduction d'accidents	10	10	10
Total	15	15	15
<i>Collectivité publique</i>			
Recettes du péage	215	215	236
Coûts d'infrastructures du péage	-28	-28	-28
Coûts d'exploitation du péage	-158	-158	-158
Perte de recettes fiscales (taxes carburant et TVA)	-55	-55	-59
CMFP Recettes additionnelles bus	8	8	8
CMFP Recettes péage	65	65	71
CMFP Perte de recettes fiscales	-17	-17	-18
COFP + CMFP Subventions bus	-15	-15	-15
COFP + CMFP Coûts d'infrastructures et d'exploitation du péage	-84	-84	-84
Total	-68	-68	-46
Bilan	-139	3	40

(source : TfL, 2007a et calculs des auteurs)

Tableau 18 : Un bilan économique prudent

Au total, en considérant la colonne du milieu du Tableau 18 – qui regroupe les effets du péage sur Londres au-delà de la seule zone centrale –, le bilan est tout juste positif (3 M€ par an). Mais pour obtenir ce résultat positif il faut mobiliser les gains de temps marginaux en voiture particulière en dehors de la zone à péage (cf. section 2.3.3, page 37) mais aussi les gains en termes de fiabilité pour les usagers de la voiture particulière ainsi que pour les passagers des bus. Ce bilan devient nettement plus positif avec l'augmentation du péage à 8£ (3^{ème} colonne du tableau), la demande en voiture particulière semblant alors assez inélastique au péage au-delà des 5£.

En outre, comme on l'a vu, le bilan est très sensible à la mesure des vitesses, ce que l'on peut résumer dans le Tableau 19 suivant.

Variation de la vitesse mesurée avant le péage	-10%	0%	10%
Bilan total (M€ / an)	+136	+3	-23
Variation par rapport à la mesure centrale du bilan (M€ / an)	+133	-	-26

Tableau 19 : Sensibilité du bilan socio-économique à la mesure des vitesses

Une sous-estimation de la congestion avant péage (vitesse réelle inférieure de 10% à la vitesse calculée) augmente le bilan d'une valeur égale à celle du gain de décongestion dans la zone centrale. Inversement une surestimation de la congestion avant péage rend le bilan nettement négatif.

Enfin, le bilan est également sensible au niveau coût d'opportunité des fonds publics retenu (cf. Tableau 20).

Valeur du COFP	5%	15%	23%
Bilan total (M€ / an)	+25	+3	-15
Variation par rapport à la mesure centrale du bilan (M€ / an)	+22	-	-18

Tableau 20 : Sensibilité du bilan socio-économique au COFP

Selon le niveau d'exigence de la puissance publique en matière de rendement socio-économique de ses investissements, le bilan peut devenir significativement positif avec une exigence faible (5%) ou négatif avec une exigence élevée (23%).

Il est clair que le bilan socio-économique du péage de Londres est plombé par le coût de la technologie de contrôle et de perception du péage. TfL mène une série d'études sur des technologies alternatives (TfL, 2005b, 2006a, 2006b, 2008b). L'une d'entre elles pourrait être à base d'équipement embarqué permettant le positionnement satellitaire du véhicule (GPS) et ouvrant la voie à la tarification selon la distance. L'étude réalisée sur cette technologie conclut à la nécessité de mener des études supplémentaires pour vérifier que le niveau de performance de ce système permettrait son déploiement. Une alternative serait 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. Cette technologie, déjà en œuvre dans de nombreux péages électroniques routiers de par le monde (et sur une échelle nationale en Norvège, cf. infra), pourrait être déployée plus rapidement et autoriserait également une tarification à la

distance. Cependant, elle exige que tous les véhicules soient équipés ou de prévoir un traitement ad hoc pour les véhicules non équipés entrant occasionnellement dans la zone, ce qui, dans le cas de Londres, peut se révéler fort coûteux.

2.4 Les autres impacts du péage de Londres

Nous résumons ici les résultats d'autres études, d'une part sur les effets distributifs, d'autre part sur les autres effets à moyen terme sur l'économie locale.

2.4.1 Effets distributifs et équité

Le lecteur aura remarqué que nous avons jusqu'ici assez peu parlé des effets distributifs du péage, qui conditionnent en grande partie la perception de son équité et, par conséquent, son acceptabilité par le public. Cela s'explique par deux raisons assez prosaïques, d'une part parce que nous n'avons pas connaissance de travaux sur cette question dans le cas du péage de Londres, d'autre part parce que nous ne disposons pas de données suffisamment détaillées pour mener ce type d'analyse.

Et pourtant la liste des exemptions et réductions est impressionnante²⁰, et il faut citer la majeure d'entre elles, à savoir la réduction de 90% du tarif de péage accordée aux résidents internes à la zone pour un véhicule par résident, sans oublier les taxis.

Le bilan en termes de désagrégation des surplus peut être aisément anticipé mais un calcul permet de valider et préciser cette conjecture. Santos et Fraser (2006) ont effectué ce calcul (toutefois dans l'aire d'extension de la zone de péage et avec le péage à 8£). Les plus gros gagnants sont les résidents de la zone, les conducteurs de taxis et leurs passagers, ainsi que les conducteurs de voiture particulière à forte valeur du temps.

D'une manière générale, les variations de surplus décomposées par groupes sociaux dépendent des origines et destinations des déplacements, de leurs motifs, de la faculté de changer d'itinéraire pour contourner la zone à péage, ou de changer de mode de transport. Ces conclusions confirment de précédents travaux de Santos et Riojey (2004) qui montrent que les effets distributifs sont particuliers à chaque ville (contexte spatial et social) et à chaque configuration de péage (géographie, heures de fonctionnement et tarifs).

2.4.2 Les effets à moyen terme sur l'économie locale

Les conclusions sur les effets du péage sur l'activité économique sont assez mitigées. Des travaux sur les ventes dans les magasins de détail cités par Leape (2006) tendent à montrer un effet statistiquement significatif de dégradation des ventes dû au péage pour certains magasins, tandis que cet effet ne serait pas significatif pour l'ensemble de la zone du centre de Londres.

De son côté, résumant les différentes études de suivi qu'il a mené, TfL (2008) constate qu'il n'y a pas eu d'effet sensible du péage sur l'économie de la zone centrale de Londres. Les tendances économiques générales sont prédominantes dans la performance de cette économie locale.

²⁰ Consultable en ligne (avril 2009) à <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/6713.aspx>

Enfin, TfL (2008) note depuis 2006 une remontée de la congestion, au point que celle-ci serait revenue en 2007 au niveau de 2002, soit avant la mise en route du péage. Cependant le niveau de trafic est resté stable et, selon TfL, cette remontée de la congestion s'expliquerait par les restrictions de capacité mises en œuvre sur le réseau routier.

2.5 Quels enseignements retirer du péage de Londres ?

Santos et Fraser (2006) pointent le fait que le péage n'est un optimum ni de premier rang, ni de second rang. En effet, les trois paramètres fondamentaux que sont le tarif, les heures de fonctionnement du péage et la zone concernée, ont été ajustés sur la base de considérations politiques : par exemple, le tarif initial a été fixé à 5£ plutôt que les 10£ préconisées dans les études ; les poids lourds sont soumis au même tarif que les voitures particulières bien que leur coût marginal soit bien plus élevé ; l'heure de fin du péage a été fixée à 18h au lieu de 19h, sous la pression de l'industrie du spectacle ; les limites de la zone ont été plusieurs fois modifiées, sous la pression de résidents voulant bénéficier de la ristourne de 90%, et des entreprises ne voulant pas être incluses dans la zone de peur de perdre leur clientèle. Les auteurs concluent que, malgré tout, le péage actuel génère du surplus collectif.

Une spécificité du péage de Londres par rapport à d'autres expériences européennes, est que son objectif publiquement déclaré était de réduire la congestion. La réduction des externalités environnementales, même si elle procure un avantage supplémentaire, était – au moins initialement – secondaire.

Notre propre évaluation socio-économique est un oui prudent à la question de l'amélioration du bien-être de la collectivité dans le cas du péage de Londres. Cette amélioration est tenue dans le cas du péage initial à 5£ mais plus nette dans le cas du péage à 8£. Cependant, ce diagnostic est tempéré par questions qui font débat : la mesure des améliorations de vitesse, la valorisation des gains de temps marginaux et la valorisation des améliorations de fiabilité dans la durée des déplacements.

Au-delà de l'évaluation socio-économique, l'expérience du péage de Londres montre comment une volonté politique forte, conjuguée à un consensus sur le caractère critique de la situation, a permis de passer outre l'impopularité de cette mesure qui paraissait initialement insurmontable. L'application initiale à une zone limitée, où les usagers de la voiture particulière sont minoritaires, avec une politique de ristourne étudiée, a permis de mettre ce type de politique « sur les rails ». Le tarif a ensuite été augmenté en 2005 et la zone étendue en 2007. Le nouveau maire, élu en mai 2008, a décidé en fin 2008 de supprimer l'extension de la zone de péage, mais sans remettre en cause le tarif.

3 Evaluation de la *Congestion Tax* de Stockholm

Le péage de Stockholm a vu le jour en 2006 pour une période d'essai de 7 mois (3 Janvier – 31 Juillet 2006). Les diverses évaluations existantes ont été faites sur la base de cette période d'activité. Aucun document officiel ne relate encore à la date de rédaction de ce rapport (mars 2009) des effets observables de ce programme depuis sa mise en place définitive le 1^{er} Août 2007. Les dernières publications de référence, Eliasson (2009), Eliasson et al. (2009), Armélius et al (2006) et Daunfeldt et al. (2009) traitent encore des effets du péage lors de sa période de test.

3.1 Le péage de Stockholm

L'agglomération de Stockholm est confrontée depuis plusieurs années au problème récurrent de la congestion sur son réseau routier de communication entre les multiples îles et presqu'îles qui forment cette aire urbaine de 1,250 millions habitants, au sein d'un archipel situé sur la côte est de la Suède. La ville de Stockholm elle-même comprend 780.000 habitants.

Au début des années 90, le « Dennis Package », un important programme d'investissements routiers pour la région de Stockholm fut élaboré. Ce projet, qui aurait été financé par des péages de cordon, fut abondamment étudié et longuement débattu sur la place publique, avant d'être finalement abandonné en 1997.

C'est grâce à un fort consensus politique que le projet actuel de *Congestion Tax* fut finalement validé. En juin 2003, le conseil municipal de Stockholm proposa de conduire une expérience de péage de congestion. Cette proposition prit forme, après l'approbation par le Parlement suédois, qui adopta en juin 2004 la loi sur les péages de congestion.

Les objectifs du péage étaient multiples :

- réduire le volume de trafic de 15% ;
- augmenter les vitesses de circulation dans le centre ;
- réduire les émissions polluantes ;
- augmenter le bien-être et le cadre de vie dans le centre de Stockholm.

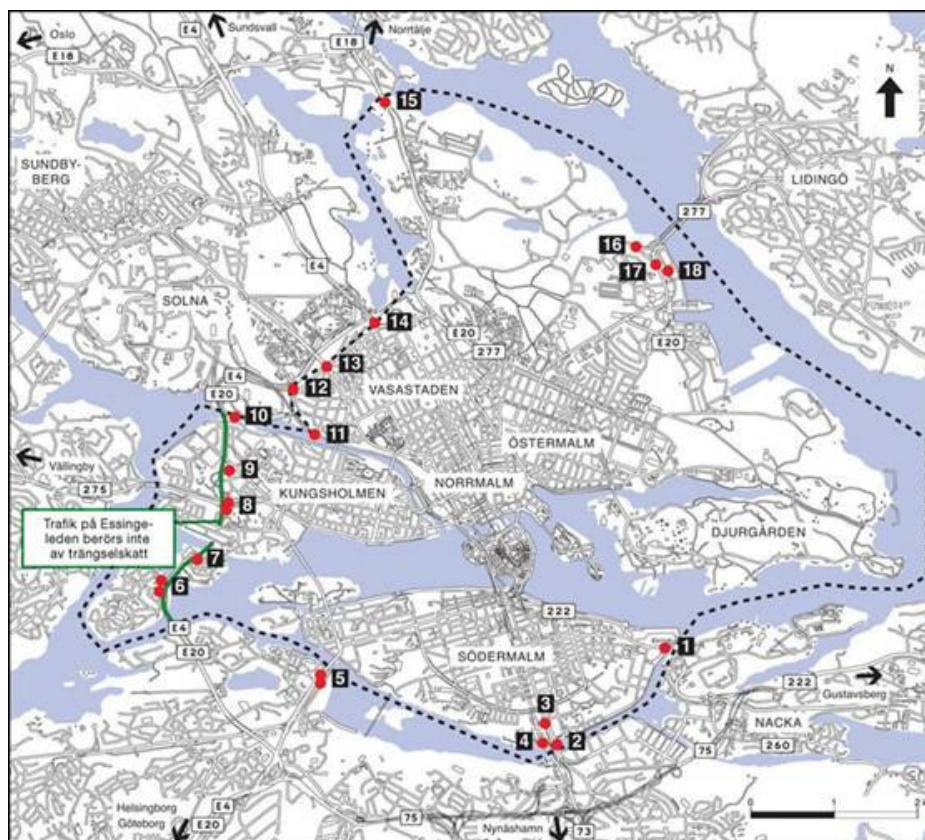


Figure 4 : L'agglomération de Stockholm et la zone à péage (en rouge)

L'expérience a été conduite sous la responsabilité de trois acteurs, la ville de Stockholm pour l'information et l'évaluation, l'administration suédoise des routes pour la conception et l'exploitation du péage, ainsi que l'information aux usagers, et enfin la direction des transports de Stockholm pour l'extension du service de transports publics et des parcs relais. Les coûts de l'expérience étaient pris en charge par le gouvernement suédois, avec un budget de 3,3 milliards SEK (plus de 350 millions €).

Il s'agit d'un péage de cordon²¹ encerclant le cœur de la ville de Stockholm (35 km², environ 280.000 habitants) avec 18 portes de péage. De par sa géographie particulière, il est relativement aisé d'en contrôler les accès avec un petit nombre de portes en entrée ou en sortie des ponts routiers reliant les îles entre elles.

²¹ Les sources de cette description sont une communication de M. Gunnar Söderholm, directeur de l'environnement à la ville de Stockholm, à la journée PREDIT du 14 décembre 2006 à Paris, ainsi que diverses ressources Internet.



Source :Hugosson, 2007.

Figure 5 : La zone de péage de Stockholm

Le péage est en opération du lundi au vendredi, sauf les jours fériés. Le passage sous un portique automatisé permet, à l'aide de caméras, de relever les plaques des véhicules entrant et sortant qui doivent payer dans la journée le montant inscrit en temps réel et ainsi transmis aux conducteurs. Les véhicules équipés d'un transpondeur (fourni gratuitement par l'administration des routes) sont reconnus, avec un débit direct du paiement sur le compte bancaire associé. Les autres véhicules sont identifiés par photographie de la plaque d'immatriculation et leurs propriétaires, responsables du paiement, sont tenus de payer leur taxe pour la journée (par Internet, dans les banques ou commerces) dans un délai de 14 jours sans autre avis. Au-delà de ce délai est infligée une amende de 70 SEK (7,5 €), amende qui peut monter ensuite à 500 SEK (environ 54 €). Les principales exemptions concernent les véhicules d'urgence, les véhicules pour handicapés, les deux-roues, les bus, les taxis et certains véhicules « propres ».

Le montant du péage est variable selon l'heure de passage : 2€ durant les heures de pointe (entre 8h et 9h30 et entre 16h et 17h30) ; 1,5€ durant les périodes de « semi » pointe (entre 7h et 7h30, 8h30 et 9h, 15h30 et 16h, 17h30 et 18h) ; 1€ durant les périodes de « trafic modéré » (entre 6h30 et 7h, 9h et 15h30, 18h et 18h30). En dehors de ces périodes (soit de 18h30 à 6h30), le passage est gratuit. A chaque passage, les conducteurs sont tenus de payer, le montant cumulé maximum par véhicule s'élevant à 6€ par jour.

Au projet de péage, furent associés des investissements en vue d'adapter le service de transports collectifs (TC) et d'améliorer l'offre proposée. Une amélioration des parcs relais a aussi été mise en place à partir d'août 2005. Cela a permis de proposer de nouvelles lignes de

bus, de nouvelles places de parking et d'adapter le réseau de métro et de train au report modal attendu après la mise en place du péage.

A son issue, en septembre 2006, l'expérience a été soumise à référendum, le même jour que les élections locales et nationales, qui virent la victoire d'une alliance de la droite modérée sur la gauche, au pouvoir jusqu'alors au plan national ainsi qu'à Stockholm. Lors du référendum, les habitants de la ville de Stockholm se sont exprimés pour 76,4% d'entre eux et prononcés à 51,3% pour la mise en œuvre du péage de congestion²². Le même jour, 14 municipalités entourant Stockholm et regroupant plus de 300.000 électeurs, organisèrent également un référendum similaire dont le résultat fut, dans chacune d'entre elles, une large majorité contre ce péage (60% en moyenne). En revanche, les 11 autres municipalités du comté de Stockholm, regroupant plus de 400.000 électeurs n'ont pas organisé de référendum.

Le nouveau gouvernement a décidé de réintroduire le péage de congestion en juillet 2007 et a chargé l'administration suédoise des routes de lui faire une proposition, avec notamment une indication quant à l'utilisation qui serait faite des recettes : le financement des investissements routiers et ferroviaires fait partie de la négociation avec les 26 municipalités de la région de Stockholm.

Malgré certaines ressemblances avec le péage de Londres, il s'agit d'un programme qui présente quelques particularités notables : une congestion nettement moins sévère, un péage de cordon et non de zone, un tarif nettement moindre, et l'accent mis sur les avantages environnementaux de la baisse de circulation. Enfin, les autorités de la municipalité de Stockholm se sont essayées au risque du référendum et ont été confortées dans leur choix. Mais les référendums officieux des communes avoisinantes ont mis au jour le conflit latent entre centre et périphérie, quant à ce type de péage.

3.2 Aspects méthodologiques

Le modèle utilisé par Rémi Prud'homme et Pierre Kopp (P&K) dans le cas du péage de Stockholm, est un prolongement du modèle utilisé par Rémi Prud'homme et Pablo Bocarejo à Londres : à ce modèle est ajoutée la prise en compte des impacts sur la circulation en périphérie.

D'un point de vue méthodologique, il repose également sur l'utilisation du modèle standard de péage de congestion présenté précédemment. Seules quelques modifications propres à la représentation de la courbe d'offre (soit CM , coût privé pour l'utilisateur en l'absence de péage, ou coût moyen) doivent être précisées.

Puisque sont intégrés les coûts privés dans le centre, $Cc(q)$, et en périphérie, $Cr(q)$, on a :

$$CM(q) = Cc(q) + Cr(q)$$

Quelque soit la zone considérée, le coût privé est évalué à partir des gains de temps et de coût monétaire lié à l'utilisation de la voiture. Contrairement à l'application faite par P&B à Londres, P&K ne prennent plus en compte le coût monétaire lié à l'utilisation puisqu'ils considèrent qu'il n'est pas modifié par la présence du péage. Seules les modifications en termes de temps de parcours sont donc considérées pour représenter les courbes de coûts moyens à Stockholm. On retrouve les mêmes variables qu'à Londres, CM est fonction de la

²² voir les pages en anglais sur le site officiel de l'expérience de Stockholm : <http://www.stockholmsforsoket.se>

distance moyenne parcourue, L ; de la vitesse, v_q , qui est fonction du volume de trafic, de la vitesse à vide et d'un paramètre à calculer comme dans le cas de Londres ; du taux de remplissage moyen des véhicules, w ; de la valeur du temps, VdT ; et du volume de trafic, q en périphérie et Q dans le centre. On obtient :

$$CM(q) = L_r \cdot w \cdot \frac{VdT}{v_r(q)} + L_c \cdot w \cdot \frac{VdT}{v_c(q+Q)}$$

L'indice c se réfère aux données sur les trajets internes au centre, l'indice r aux données sur les trajets radiaux en périphérie.

La méthode de représentation est donc la même à quelques nuances près :

- Les véhicules-kilomètres parcourus sont calculés simultanément ;
- Le taux de remplissage moyen des véhicules est intégré à la formule plutôt que de majorer la valeur du temps ;
- Le coût monétaire (entretien, essence, assurance) n'est plus pris en compte puisque sa variation est considérée comme nulle avant et après la mise en place du péage.

Tous les autres paramètres du modèle de Prud'Homme et Kopp (2007) (P&K), adapté du modèle de décongestion standard, sont identiques à celui de Prud'Homme et Bocarejo dans le cas de Londres.

3.3 Les différentes évaluations

Lorsqu'il s'agit d'avoir un point de vue objectif sur les effets socio-économiques de la période d'essai du péage de Stockholm, les avis divergent.

Deux études de référence dressent le bilan du péage, celle réalisée par Transek (2006) et celle de P&K (2007). Au cœur de ces deux analyses, la *quasi* totalité des avantages et des coûts associés à la mise en place d'un péage sont pris en compte :

- Les gains de temps des utilisateurs de la voiture et des transports collectifs ;
- L'éviction des usagers dont le consentement à payer est inférieur au prix du péage ;
- Les effets sur les émissions de gaz polluants ;
- L'impact sur le nombre d'accidents ;
- Les coûts et avantages pour les finances publiques (investissements, coûts de fonctionnement, coût marginal des fonds publics, coûts d'opportunité des fonds publics) ;
- La variation des recettes pour les TC.

Même si les éléments pris en compte sont les mêmes, à quelques exceptions près²³, les résultats des bilans divergent (Jansson, 2008).

²³ Dans les deux évaluations, les mêmes éléments sont pris en compte, à quelques exceptions près. Les effets suivants ne sont pris en compte que dans une des deux évaluations citées: la fiabilité des temps de parcours, les effets d'induction sur la fréquentation des TC, la réduction des recettes publiques liée aux taxes carburant, la réduction des coûts de maintenance des routes, la prise en compte des coûts marginaux des fonds publics associés aux investissements pour les TC.

L'évaluation de Transek conclut à une expérience profitable à long terme. Le péage apparaît source de perte sociale si l'on ne se concentre que sur la période de test mais génère du profit à partir de la cinquième année. Dès lors, chaque année de fonctionnement supplémentaire du système de péage accroîtra de 765 M SEK, soit 80 M€²⁴, le bénéfice socio-économique du projet.

« En observant à court terme, la période d'essai du péage de Stockholm représente une perte socio-économique de 2,6 Milliard de SEK, (...). Si le péage était rendu permanent, entre 15 et 25 ans, l'évaluation suggère qu'un bénéfice annuel de 760 millions de SEK serait généré, les coûts d'investissement et de maintenance étant alors couverts sous forme de gains socio-économiques. » (TRANSEK, 2006, p.2)

L'évaluation de P&K conclut, quant à elle, à une expérience déficitaire pour la collectivité, mais focalise l'évaluation sur la période de test du péage.

« (...) les coûts générés par le péage dans le cas de Stockholm sont supérieurs aux gains de temps rendus possibles. Même en ajoutant les gains environnementaux et les coûts marginaux des fonds publics économisés grâce aux recettes du péage, le total des coûts reste supérieur aux bénéfices. Stockholm, ou plus précisément la Suède aurait été dans une bien meilleure situation, d'environ 200 à 700 millions de SEK par an, sans le péage. » (Prud'homme et Kopp, 2007)

Quel bilan finalement dresser de l'expérience suédoise ? Lorsqu'on s'intéresse plus en détail à ces deux évaluations, il est possible de décomposer les analyses pour trouver les sources de variation et ainsi avoir un point de vue plus clair sur cette expérience. Ce sont finalement les méthodes d'estimation utilisées et les données retenues qui regroupent la totalité des différences.

3.3.1 L'estimation de TRANSEK en 2006

Lors de la mise en place du péage de Stockholm pour une période d'essai de 7 mois, la municipalité, « Stockholms Stad », a mis en place des programmes d'observation de l'ensemble des effets potentiels du péage urbain : trafic, environnement urbain, activité économique, finances publiques et transports collectifs. Afin d'observer de manière objective les divers impacts, des cycles d'évaluations et d'enquêtes ont été menés avant, pendant, puis après l'expérience.

Ces analyses ont donné naissance à divers rapports officiels dont celui réalisé par Transek, société d'ingénierie, et par Trivector, entreprise de consulting fondée par divers membres de l'université de Lund (Suède). Ces rapports sont disponibles en ligne :

<http://www.stockholmsforsoket.se/upload/Sammanfattningar/English/Cost-benefit%20analysis%20of%20the%20Stockholm%20Trial%20v2.pdf>

<http://www.stockholmsforsoket.se/upload/Rapporter/Trafik/Under/Effects%20of%20the%20Stockholm%20Trial%20on%20road%20traffic.pdf>

Une version résumée de l'étude de Transek traduite en français et réalisée par l'Iaurif²⁵ existe. Elle ne reprend néanmoins que certains aspects de l'évaluation.

²⁴ Le taux de conversion retenu est de 0,10512 € pour 1 SEK (11 juin 2008).

²⁵ Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région île de France.

Dans le bilan officiel de Transek (2006), les conclusions font état d'un résultat socio-économique largement négatif lors de la période d'essai du système de péage puisque l'investissement est entièrement intégré dès la première année. Par contre une estimation alternative, dans le cas où le plan de péage deviendrait définitif (ce qui a été le cas par la suite) produit un bilan positif, comme le montre le Tableau 21.

Les usagers de la voirie

Comme on peut le voir, le bilan pour les usagers de la voirie, utilisateurs des transports collectifs et de la voiture confondus, est négatif. Les gains en terme de temps de parcours et de fiabilité des heures d'arrivée dont bénéficient les conducteurs ainsi que les usagers des TC grâce à la décongestion produite par le péage, ne suffisent pas à compenser le coût monétaire dont s'acquittent les conducteurs restant sur l'infrastructure, et le coût temporel imposé aux conducteurs préférant abandonner leurs voitures au profit des TC.

Pour estimer les temps de parcours dans le centre de Stockholm, avant puis après la mise en place du péage, Transek fait appel à une modélisation Origine / Destination à partir d'un modèle à quatre étapes de simulation de trafic, qui reprend des vitesses mesurées à différents moments et pour différents lieux sur le réseau. Aucune précision n'est cependant apportée dans le rapport officiel quant à la prise en compte ou non des effets du péage sur le trafic hors de la zone soumise à tarification. La valeur du temps retenue pour ces calculs est de 122 Sek/h/véhicule (soit 12,83 €) tous motifs confondus. Le taux d'occupation moyen retenu par véhicule est de 1,26 passagers. Cette valeur a été sélectionnée par Transek suite aux conseils du groupe de travail suédois pour les évaluations socio-économiques (ASEK).

A partir de la modélisation origine destination, Transek prend également en compte un gain en terme de fiabilité des temps de parcours d'environ 8 M€.

Les externalités (hors congestion)

L'administration de la ville de Stockholm pour la santé et l'environnement²⁶ a estimé, à partir des baisses de trafic observées et de mesures directes d'émissions, à 86 MSec (8,4 M€) la valeur monétaire des améliorations environnementales possibles grâce au péage.

L'effet du péage sur la sécurité routière au sein de la zone est évalué grâce aux modèles de trafic et intègre à la fois la baisse du nombre d'accidents du fait de la réduction du trafic, et l'augmentation des risques d'accidents de par une vitesse de circulation accrue sur le réseau routier. Au final, la modélisation attribue au péage un effet largement positif sur le nombre d'accidents, mais aucune observation empirique ne permet de valider ces simulations.

²⁶ City of Stockholm's Environment and Health Administration.

Tableau 21 : Le bilan du péage urbain de Stockholm par TRANSEK

BILAN STOCKHOLM	Msek par an	M€ par an
<i>Usagers des transports</i>		
Usagers des véhicules routiers		
Gains de temps des usagers de véhicules routiers	523	55
Fiabilité des temps de parcours pour les usagers de la route	78	8
Péages	-763	-80
Eviction	-13	-1
Total	-175	-18
Usagers des TC		
Gains de temps des usagers des bus	157	17
Gains des nouveaux usagers	24	3
Coût de maintien du niveau de confort pour les usagers des bus	-64	-7
Total	117	12
<i>Environnement et autres externalités</i>		
Bénéfices environnementaux	86	9
Amélioration de la sécurité routière	125	13
Total	211	22
<i>Collectivité publique</i>		
Recettes du péage	763	80
Recettes additionnelles bus	184	19
Coûts de perception du péage (investissements + exploitation)	-270	-28
Coûts d'amélioration de l'offre de TC (investissements + exploitation)	-344	-36
Variation des recettes fiscales (taxes carburant)	-53	-6
Total	280	29
CMFP Recettes péage	229	24
CMFP Coûts de perception du péage	-81	-9
CMFP Recettes additionnelles bus	55	6
CMFP d'amélioration de l'offre de TC	-103	-11
CMFP Variation des recettes fiscales	-16	-2
COFP d'amélioration de l'offre de TC	-79	-8
COFP Coûts de perception du péage	-62	-7
Total	-57	-6
Bilan	223	23

Source : calculs des auteurs d'après TRANSEK (2006)

Les transports collectifs

L'évaluation de Transek conclut, même si la mise en place du péage a drainé une nouvelle clientèle vers les TC, à des coûts d'exploitation de l'offre supplémentaire supérieurs aux nouvelles recettes produites.

Les évaluations de fréquentation des TC réalisées par l'opérateur de bus de Stockholm (SL), à partir de comptages et d'enquêtes à bord des bus, montrent une augmentation de 6,5% du nombre de voyages entre le printemps 2005 et le printemps 2006. Sur la base de l'impact de l'augmentation du prix de l'essence sur la fréquentation des TC²⁷ observé l'année précédente, SL argumente finalement d'une augmentation de 4,5% du nombre de voyages attribuable au péage.

Transek intègre également un coût financier afin de maintenir un niveau de confort identique sur le réseau de TC. C'est l'indicateur de « places assises par voyageur » qui permet d'évaluer le niveau de confort proposé.

Les finances publiques

Ce point de vue intègre les recettes de péage (763 MSEK), les recettes supplémentaires des bus provenant de la hausse de leur usage (184 MSEK), les coûts de perception et d'administration du péage (coûts d'exploitation de 220 MSEK et d'amortissement de 50 MSEK – sur 40 ans –), les coûts de l'expansion de l'offre de bus (341 MSEK pour les véhicules²⁸ et 3 MSEK pour l'amortissement des dépôts), et 53 MSEK de pertes de recettes fiscales liées à la baisse de la consommation de carburant automobile.

Les impacts du péage sur les finances publiques sont aussi pris en compte par Transek grâce à l'intégration des coûts marginaux des fonds publics (CMFP) et des coûts d'opportunité des fonds publics (COFP). Les valeurs retenues en Suède sont de 1,23 pour le COFP et de 1,3 pour le CMFP d'après le rapport officiel de référence en la matière (SIKA, 2002). Ce sont également celles prises par Transek. Elles s'appliquent à l'ensemble des nouvelles dépenses et recettes du système de péage pour le CMFP et uniquement à l'ensemble des nouvelles dépenses pour le COFP.

Au total le bilan est, selon Transek, positif de 223 MSEK par an, soit 23 M€²⁹.

3.3.2 L'estimation de Prud'homme et Kopp en 2007

Tout comme il l'avait fait pour le cas du péage londonien, R. Prud'homme, en compagnie cette fois de P. Kopp, a publié en 2007 une évaluation socio-économique du péage de Stockholm³⁰. Les méthodes d'estimation retenues sont sensiblement les mêmes à quelques raffinements près.

²⁷ Entre l'automne 2004 et 2005, l'augmentation des prix à la pompe ont été à l'origine, d'après SL, d'augmentation de 2% du nombre de voyages réalisés en TC.

²⁸ Il est à noter que selon Transek (2006, p. 37) ces 341 MSEK de coûts d'exploitation incluent l'amortissement des bus.

²⁹ Le bilan que nous reconstituons ici diffère légèrement des présentations variées qui en sont données dans Transek (2006). Cependant, le résultat qualitatif est similaire.

³⁰ Pour simplifier la lecture, nous notons P&K comme abréviation du nom des auteurs R. Prud'Homme et P. Kopp.

Comme on peut le voir ci-après (cf. Tableau 22), les évaluations, si elles n'aboutissent pas aux mêmes résultats, valorisent néanmoins les mêmes éléments que Transek. Quelques différences persistent pour autant. En effet, P&K ne prennent en compte aucun avantage socio-économique lié à la fiabilité des temps de parcours, ils ne considèrent aucun effet d'induction au profit des TC, aucune réduction des recettes de taxe sur les carburants et aucune réduction des coûts de maintenance des routes.

Hormis ces différences importantes, ce sont les données retenues qui sont à l'origine de l'écart existant entre ces deux bilans.

Les usagers de la voirie

D'un point de vue méthodologique, pour valoriser les gains de temps, P&K utilisent le modèle de congestion standard décrit dans le chapitre 1. A partir de données disponibles, ils obtiennent ainsi les gains de temps offerts aux usagers de la voiture se déplaçant dans le centre et en périphérie, ainsi que la perte de satisfaction des usagers évincés de l'infrastructure. L'utilisation de ce modèle soulève la question de la pertinence d'une valeur de vitesse moyenne pour représenter les conditions de trafic.

Les externalités (hors congestion / gains de temps)

P&K estiment les variations d'émissions de gaz polluants et à effet de serre à partir du volume de trafic réalisé dans la zone. Il ne semble cependant guère fiable de se limiter à cette relation simplifiée, P&K soulignent par ailleurs la fragilité de leurs estimations.

Les transports collectifs

Pour prendre en compte l'impact sur les transports collectifs, P&K intègrent les gains de temps pour les utilisateurs ainsi que les effets de la hausse de fréquentation sur les recettes, et le niveau de confort. Les méthodes de prise en compte des gains de temps ou du confort sont respectivement discutées dans les chapitres 3.4.1 et 3.4.6

Les finances publiques

Pour évaluer les effets du péage sur les finances publiques, P&K évaluent le COFP et le CMFP. Ils retiennent eux aussi un CMFP de 30%, mais prennent en compte un COFP de 5%, soit beaucoup moins que celui retenu par TRANSEK.

Tableau 22 : Le bilan du péage urbain de Stockholm par P&K

BILAN COMPLET	En M-Sek	En M-€
Usagers de la voirie		
Païement du péage	-792	-83
Temps de trajet plus courts VP	174	18
Eviction VP	-61	-6
Fiabilité des temps de parcours	0	0
Total usagers VP	-679	-71,4
Temps de trajet plus courts TC	102	11
Induction TC	0	0
Réduction du Confort TC	-168	-18
Total usagers TC	-66	-6,9
Bilan Usagers de la voirie	-745	-78,3
Autres Facteurs		
Réduction émissions de gaz à effet de serre	14	1
Réduction émissions autres gaz	67	7
Amélioration de la sécurité routière	16	2
Bilan autres facteurs	97	10,2
Secteur public		
Recettes du péage	792	83
Coûts d'exploitation et administratifs péage	-79	-8
Amortissements investissements péage	-241	-25
Coût d'opportunité des fonds publics péage	-96	-10
Coût marginal des fonds publics péage	138	15
Total Financier péage	514	54,0
Recettes supplémentaires TC	102	11
Coûts d'exploitation et administratifs TC (bus, métro, trains)	-341	-36
Autres coûts d'exploitation et administratifs (parking, vélo)	0	0
Amortissements investissements TC	-106	-11
Coût d'opportunité des fonds publics TC	-29	-3
Coût marginal des fonds publics TC	-83	-9
Total Financier TC	-457	-48,0
Recettes taxes carburant	0	0
Coût marginal des fonds publics taxe carburant	-21	-2
Réduction coût maintenance des routes	0	0
Coût marginal des fonds publics autres	0	0
Total Financier autres	-21	-2,2
Bilan financier collectivité	36	3,8
BILAN COMPLET	-612	-64

Source : Réalisé par l'auteur à partir de TRANSEK (2006) et P&K (2007)

3.4 Analyse critique des évaluations

3.4.1 Une grande sensibilité aux mesures de variations de vitesse

Alors que TRANSEK valorise les gains de temps à 523 M\$ek, P&K aboutissent à un montant de 174 M\$ek. On retrouve aussi cet écart de façon atténuée lorsque les gains de temps pour les utilisateurs des TC sont valorisés. Enfin, pour avoir une vision d'ensemble à propos de la prise en compte des temps de parcours dans la revue des effets du péage, il faut aussi intégrer les utilisateurs évincés de l'infrastructure qui ne voyagent désormais plus, ou plus lentement.

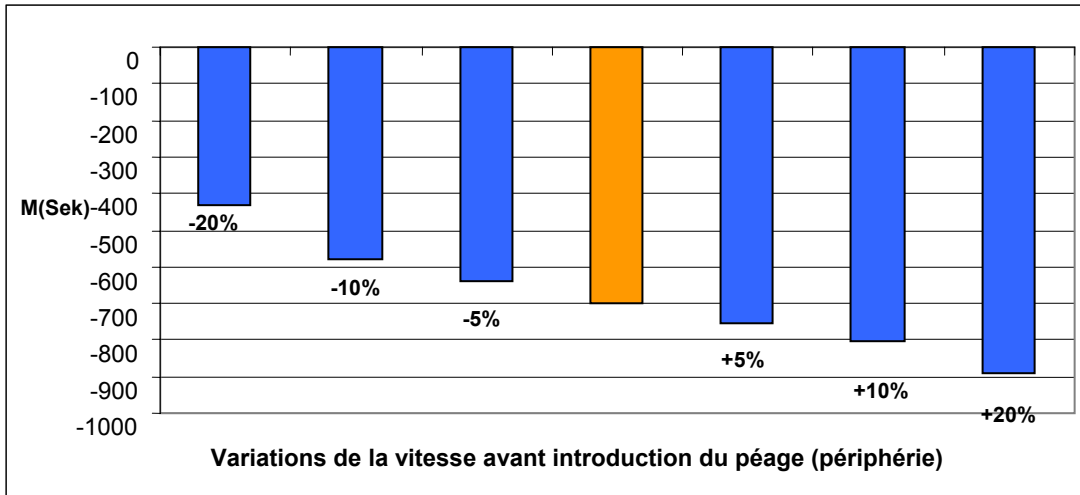
Les quelques estimations faites pour le cas de Londres révèlent que le modèle standard utilisé par P&K n'est pas inadapté. La méthodologie utilisée n'est donc pas remise en cause.

Les importantes différences demeurant *in fine* proviennent donc des données utilisées. Parmi la palette d'informations nécessaires ce sont les valeurs du temps (Vdt) et de vitesses qui sont sources de dissemblances. Dans le cas des deux travaux, c'est une valeur du temps moyenne, fonction des parts respectives des motifs de déplacement, qui est retenue. Compte tenu de la structure des déplacements observés à Stockholm, du taux d'occupation des véhicules et des valeurs du temps pour chaque motif, il convient, d'après les recommandations de Transek, de retenir dans le cadre de l'évaluation du péage de Stockholm, une valeur de 122 Sek/h/véhicule (soit 12,82€).

En ce qui concerne la vitesse observée sur le réseau au cours de la journée et la vitesse lorsque la circulation est fluide (vitesse à vide), un important problème se pose puisque P&K, au contraire de TRANSEK, font appel à une valeur moyenne unique quel que soit le moment de la journée et quel que soit la zone considérée.

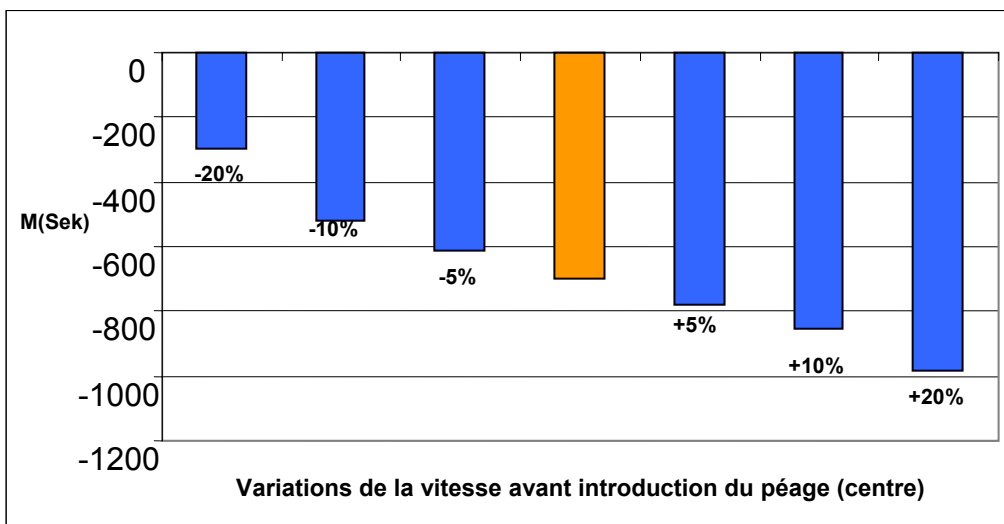
Les deux graphiques ci-après mettent en évidence l'impact d'une mauvaise évaluation de la vitesse avant la mise en place du péage, que ce soit dans le centre ou en périphérie, sur le bilan total du péage. Les valeurs de références sont de 22,89 km/h pour le centre de Stockholm et de 49,48 km/h pour la périphérie. Si une erreur d'estimation de l'ordre de 5% pour la vitesse constatée dans le centre avant la mise en place du péage est faite, soit 2,3 km/h, alors le bilan total du péage varie de 86 M\$ek. Il n'est pas rare à partir de valeurs moyennes, de créer des biais de 5%.

En imaginant que ces erreurs soient combinées : mauvaises évaluations de la valeur du temps ou de la vitesse sur le réseau, ou encore des vitesses à vide, l'influence sur les estimations finales peut être extrêmement importante.



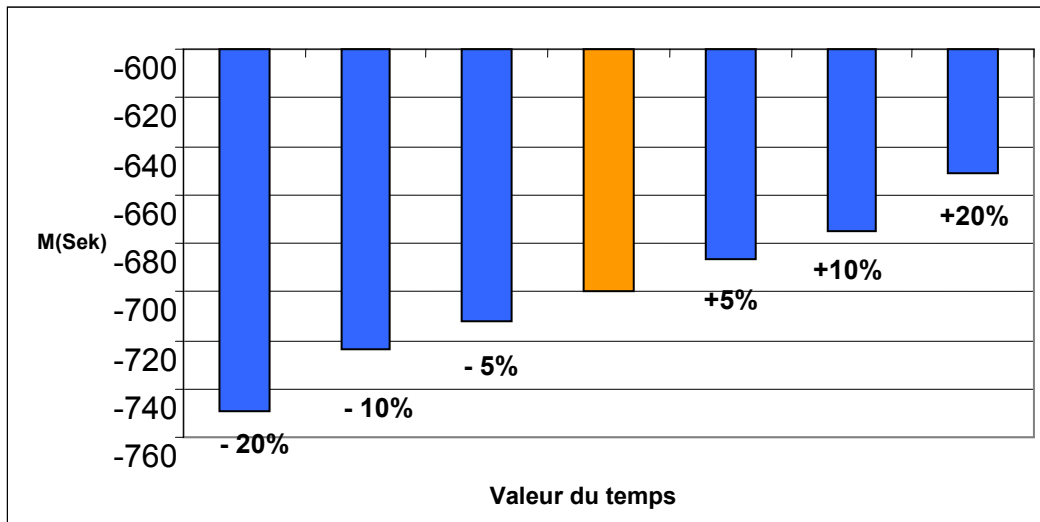
Source : Réalisé par l'auteur d'après les données de P&K (2007)

Figure 6 : Sensibilité du bilan (en M SEK) aux variations de la vitesse en périphérie de la zone de péage, avant introduction du péage (en %)



Source : Réalisé par l'auteur d'après les données de P&K (2007)

Figure 7 : Sensibilité du bilan (en M SEK) aux variations de la vitesse interne à la zone de péage, avant introduction du péage (en %)



Source : Réalisé par l'auteur d'après les données de P&K (2007)

Figure 8 : Sensibilité du bilan (en M(Sek)) aux variations de la valeur du temps (en %)

En recourant au modèle standard, il convient donc, au regard de la sensibilité du modèle à certaines dimensions de proposer des intervalles de confiance pour l'évaluation des gains de temps, plutôt qu'une valeur unique à la crédibilité discutable. Le Tableau 23 montre les impacts d'erreurs combinées d'estimations de la valeur du temps et des valeurs de vitesse sur le bilan. Quel serait le bilan si les vitesses constatées sur le réseau dans le centre et en périphérie avant la mise en place du péage avaient été surestimées de 10% quand dans le même temps la valeur du temps était sous-estimée de 10% ?

Tableau 23 : Bilan total du péage pour des erreurs cumulées de la valeur du temps et des vitesses à vide lors de l'estimation des gains de temps (avec valeurs de P&K)

	Gains de Temps	Bilan total (M(Sek))
Variation -10% (-ac, -ar, +Vdt)	526	-344
Variation -5% (-ac, -ar, +Vdt)	333	-537
Variation +5% (-ac, -ar, +Vdt)	33	-837
Variation +10% (-ac, -ar, +Vdt)	-82	-952

Pour conclure, les évaluations de référence devraient être présentées sous forme d'intervalles de confiance.

3.4.2 La prise en compte de la fiabilité des temps de parcours

TRANSEK attribut au péage un bénéfice de fiabilité de 78 M(Sek). P&K n'en tiennent pas compte. Cette prime à la lisibilité des temps de parcours sur le réseau routier est justifiable. Elle est néanmoins évaluée à partir du modèle de trafic de TRANSEK et rien ne nous permet de confirmer la validité de ces résultats.

3.4.3 La prise en compte des variations du nombre d'accidents

Les effets d'un péage sur le nombre d'accidents peuvent être nombreux et contradictoires. La baisse du volume de trafic a pour effet une amélioration de la sécurité routière, mais l'accroissement des niveaux de vitesse provoque souvent une hausse du nombre d'accidents.

A Stockholm, ces effets opposés se font ressentir à des degrés divers selon la zone considérée (zone à péage, 1^{ère} périphérie...). Au cours de la période d'essai du péage, les études de trafic ont confirmé une baisse des véh.km réalisés et une augmentation de la vitesse moyenne, mais les rapports de police ne permettent pas de mettre en évidence une variation significative du nombre d'accidents.

Pourtant, que ce soit à partir d'hypothèses sur les effets positifs à venir dans le cas de l'évaluation réalisée par la ville de Stockholm, ou grâce à la fonction de Nilsson (2000), qui met en relation le nombre d'accidents et la vitesse sur le réseau dans le cas de P&K, les auteurs intègrent une augmentation du bien-être du fait d'une anticipation de la baisse du nombre d'accidents. Cependant, plus de 10 Millions d'€ séparent les analyses coûts-avantages de P&K et de la ville de Stockholm.

Des confirmations empiriques sont nécessaires comme dans le cadre d'évaluations top-down classiques. Sans constats d'effets réels, il semble plus prudent de conclure à un niveau constant du nombre d'accidents à court terme plutôt que de proposer d'hasardeuses hypothèses. C'est d'ailleurs ce que recommande le projet européen CUPID : « *A moins qu'il y ait une localisation des accidents particulièrement concentrée, les données ne permettent pas une conclusion sensée sauf si elles permettent une comparaison sur une période significative d'au moins 3 ans voire 5 ans avant et après la mise en application du projet* » (CUPID D4, 2004).

3.4.4 Le cercle vertueux sur les bus dans le cas de Stockholm

Nous utilisons maintenant le modèle de Small pour évaluer l'expérience de péage de Stockholm. Jansson (2008, p.182) rappelle qu'en même temps que le péage, 16 nouvelles lignes de bus principales ont été rajoutées ainsi que 197 bus supplémentaires, et que la capacité des parkings a été accrue de 25%.

Nous précisons ci-dessous les choix que nous avons faits :

- au total, il ne semble pas y avoir de changement de *vitesse des bus* pendant cette expérience puisque les gains de vitesse de certaines lignes ne font que compenser les pertes de vitesse d'autres lignes (Stockholmsforsöket, 2006a, p.49-50). En outre, les horaires des bus dans la zone à péage n'ont pas été modifiés pendant l'expérience (Stockholmsforsöket, 2006a, p.10). Autrement dit la ponctualité des bus a dû fortement augmenter mais cela n'a pas conduit à réduire le temps de trajet. Cela d'autant plus que la fréquentation des bus s'est accrue (+3%), ce qui a eu un effet d'allongement des temps de montée et de descente dans les bus. Faute d'informations plus précises, nous ferons deux scénarios : l'un sans changement de vitesse (soit une vitesse moyenne des bus avant/après qui reste stable à 12 km/h (Armélius et Hultkrantz, p. 163) et l'autre avec un gain de vitesse de +6%. Pourquoi 6% ? Jansson écrit que la vitesse de la voiture a augmenté de 10% sur les rues et de 25% sur les axes majeurs (Jansson, p.182). Nous faisons le choix de retenir une hausse plus faible pour les bus (comme l'a fait Small pour Londres).

- concernant le *nombre de passagers dans les bus* dans la zone à péage, il est passé de 700.000 pass.km avant l'expérience à 727.000 pass.km après³¹, soit 3% de hausse (Stockholmsforsöket, p.2). Mais Kottenhoff et al. (2009) relativisent ce chiffre. Ils reprennent Smidfelt et al. (2006) qui montrent que cette hausse de 3% n'est pas statistiquement significative. Selon Stockholm Transport (2006) l'ensemble des trajets en transports publics (tous modes confondus) dans le comté a augmenté de 6%. Cependant, dans ces 6%, Eliasson et al (2009) n'en attribuent que 4,5% au programme de péage. Nous faisons finalement le choix de retenir une estimation prudente de la hausse à 3%.
- le modèle de Small a besoin de données en *passagers.km avant l'ouverture du péage* pour l'ensemble de l'agglomération. C'est une nécessité pour obtenir une cohérence d'échelle avec les données de coûts et de recettes qui existent pour l'ensemble du réseau. Le rapport de SL (2007, p.49) nous donne les données des bus en passagers.km pour 2005, soit 1 534 millions.
- concernant les *recettes des bus avant péage*, le rapport SL (2007, p.28) fournit les recettes totales (tous modes confondus). Elles s'élèvent à 4 079 MSEK pour 2005. La difficulté est alors que l'on ne connaît pas la part qui provient des bus dans ces recettes. Nous savons par ailleurs qu'en passagers-km, les bus représentent 35% de l'ensemble des passagers-km des transports collectifs urbains (tous modes). Nous faisons donc l'hypothèse que les bus représentent également 35% des recettes totales. On obtient donc : $4\,079 * 0,35 = 1\,428$ MSEK de recettes pour les bus, soit 165 millions d'euros.
- les *coûts d'exploitation des bus* à Stockholm s'élèvent à 3 025 MSEK en 2005 (SL, 2006, p.28), soit 318 millions d'euros.
- si on fait l'hypothèse que la totalité des recettes nettes du péage revient aux transports collectifs, soit les recettes brutes du péage (763 MSEK) auxquelles on enlève les coûts d'exploitation du péage (-220 MSEK), nous obtenons 543 MSEK (soit 54,4 Meuros). Pour obtenir ensuite le montant de la subvention qui revient aux seuls bus, on affecte la part qui va aux bus par rapport au métro et au trolley en fonction de leur nombre de voyageurs. En référence au rapport SL (2007, p.11), on connaît le nombre de montées pour le métro, 1 094 000, pour le bus, 975 000, et pour le trolley, 123 000, soit 44% des montées pour les bus. On obtient ainsi 238,9 MSEK (23,4 Meuro) de subvention pour les bus.
- la valeur du temps (VDT) des passagers des bus est calculée à partir de la *valeur du temps* pour la voiture tous motifs confondus, mais en pondérant la valeur moyenne en fonction de la part des déplacements « travail » et « autres » dans le trafic total. Elle est de 122 SEK/h. On sait également que le motif professionnel représente 20% des déplacements (Transek, 2006, p.66). Nous faisons la même hypothèse que pour Londres, à savoir que la VDT pour les bus représente environ 80% de la VDT pour motif professionnel et 71,5% pour motif non professionnel (HEATCO). Si on fait l'hypothèse que cette répartition entre les motifs est la même pour les usagers des bus, et que l'on retient une VOT de 122 SEK/pers/heure, on peut évaluer la valeur du temps en bus de la manière suivante : $[122 * (20% * 80% + 80% * 71,5\%)] = 89,3$ SEK/h/pers (soit 8,9 euros/h/pers).

³¹ Il s'agit précisément de "number of journey" soit le nombre de voyages et non pas à proprement parler de "passagers-km" mais cette distinction ne modifie pas les résultats puisque nous cherchons à obtenir des changements liés au nombre d'utilisateurs des bus. Autrement dit connaître la distance parcourue n'est pas nécessaire pour que le modèle fonctionne.

- suivant Dargay et Hanly nous retiendrons *une élasticité de la demande au service* (bus-km par heure) de +0,3 et une *élasticité de la demande au tarif des bus* de -0,33 comme dans le modèle SAMPERS³².
- à la suite d'une discussion avec P.White, nous prenons la même valeur qu'à Londres pour le ratio du coût d'augmentation de la taille des bus aux coûts de l'opérateur, soit 0,45.

Stockholm (en euros)	
Données de base	
Environnement du service de bus (exogène)	
Vitesse moyenne des bus avant (km/h) dans zone à péage	12,00
Vitesse moyenne des bus après (km/h) dans zone à péage	12,00
Vitesse moyenne des bus dans la Inner Area (km/h) avant péage	12,00
Nombre total d'utilisateurs de bus et financement	
Nombre de passagers-km dans les bus (millions de pass-km) avant péage	1534
Recettes des bus avant péage	165
Coûts et paramètres de coûts	
Coût d'exploitation bus avant péage	303
Coûts du temps des passagers dans les bus	
Montant des recettes du péage 2003 affecté aux TC (bus, metro, ...) par an	54
Part des recettes affectées aux TC qui vont aux seuls bus	0,44
Subventions supplémentaires aux bus	23,93
Valeur du temps du passager dans le véhicule (euros/h)	9
Paramètres de demande	
Elasticité de la demande au service (bus-km / h)	0,30
Elasticité de la demande au tarif des bus	-0,33

Ratios intermédiaires	
Stockholm	
Ratios intermédiaires pour le bilan obtenus par hypothèses	
<i>Ratio du coût d'augmentation de la taille des bus aux coûts de l'opérateur</i>	0,45
Ratios intermédiaires pour le bilan obtenus par données officielles	
Variation du nombre de passagers-déplacements par heure	0,03
Calculs de ratios intermediaires pour le bilan	
Variation de la vitesse moyenne d'un bus	0,00
Ratio de l'accroissement de subvention sur les coûts d'exploitation	0,08
Recettes / Coûts d'exploitation	0,54
Ratio des coûts du temps dans les bus / coûts d'exploitation	0,38
Paramètre de calcul	0,04

Tableau 24 : Les résultats du modèle de bus dans le cas de Stockholm sans variation de vitesse des bus

Les principaux résultats de l'estimation avec le modèle de Small sur le cas de Stockholm (cf. Tableau 25) montrent que :

- Au total, les bénéfices nets ne sont pas significatifs par rapport aux coûts d'exploitation (moins de 1%, dernière ligne), la vitesse des bus ne s'améliorant pas. Si par contre on fait l'hypothèse que la vitesse des bus augmente de +6% (soit la même hypothèse que celle de Small pour Londres), les bénéfices nets deviennent significatifs (+9% cf. Tableau 26).
- La réduction du temps hors du véhicule pour l'utilisateur est équivalente, d'un point de vue de l'utilisateur, à une réduction de presque 17% du tarif (ligne 6). Cette réduction de temps provient de l'accroissement des fréquences consécutif à la hausse de l'offre de service de bus. Compte tenu de la hausse du nombre d'utilisateurs (presque +8%, ligne 4) et de

³² Ce que nous a confirmé par mail A .Blomquist de SL.

l'absence de gains de vitesse, l'exploitant voit ses coûts d'exploitation s'accroître de +5% (ligne 8). Ils baissent au contraire de 1,5% dans le cas d'un gain de vitesse des bus de +6% (cf. Tableau 26).

- Une hausse de l'offre de bus de 3% conduit à une augmentation de presque 8% du nombre des utilisateurs (ligne 4).

Comme à Londres, le cas du péage de Stockholm montre que la hausse de l'offre de bus conduit à une hausse plus que proportionnelle du nombre d'utilisateurs des bus. Toutefois, cette expérience se distingue de la première puisqu'elle montre une rupture du cercle vertueux du péage sur les bus lorsque ces derniers ne bénéficient pas de gains de vitesse. En effet, sans ces gains, l'opérateur subit une hausse de ses coûts d'exploitation et, au final, les bénéfices totaux rapportés aux coûts sont quasi nuls.

Cas de base	Comme une fraction de	Modèle de Small à Stockholm en euros
Changement ultime du nombre de passagers		0,031
Variation relative Bus-km de service	bus-km de service	0,170
Variation relative Tarif	tarif	0,016
Variation relative nombre total d'utilisateurs de bus	nombre d'utilisateurs	0,076
Coût du temps dans le véhicule	tarif	0,000
Coût du temps hors du véhicule	tarif	-0,171
Coût d'usage moyen total	tarif	-0,171
Coût moyen d'agence	Coût d'agence moyen	0,052
Liés au changement de vitesse et rapportés au coût	Coût d'agence	0,000
Liés à la hausse du nombre total d'utilisateurs de bus et rapportés au coût	Coût d'agence	0,003
Bénéfices totaux rapportés au coût	Coût d'agence	0,003

Tableau 25 : Les résultats du modèle de bus sur le cas de Stockholm

Cas de base	Comme une fraction de	Modèle de Small à Stockholm en euros
Changement ultime du nombre de passagers		0,069
Variation relative Bus-km de service	bus-km de service	0,195
Variation relative Tarif	tarif	-0,076
Variation relative nombre total d'utilisateurs de bus	nombre d'utilisateurs	0,113
Coût du temps dans le véhicule	tarif	-0,042
Coût du temps hors du véhicule	tarif	-0,197
Coût d'usage moyen total	tarif	-0,238
Coût moyen d'agence	Coût d'agence moyen	-0,015
Liés au changement de vitesse et rapportés au coût	Coût d'agence	0,083
Liés à la hausse du nombre total d'utilisateurs de bus et rapportés au coût	Coût d'agence	0,007
Bénéfices totaux rapportés au coût	Coût d'agence	0,089

Tableau 26 : Les résultats du modèle de bus sur le cas de Stockholm, avec une augmentation de vitesse de 6%

3.4.5 Le surplus des usagers des bus

Dans la réalité, le comportement de l'opérateur de bus suédois n'a pas été celui de l'optimum pointé par le modèle de Small : les vitesses des bus ne semblent pas avoir varié et le nombre de montées dans les bus ne s'est pas accru de presque 8%³³.

³³ Pour l'ensemble de l'agglomération, le nombre de montées dans les bus est passé de 254 millions en 2005 à 267 millions en 2006, soit une hausse de 5% (AB SL, 2007, p.61). Si on ne considère que la zone à péage, le nombre de passagers-kilomètres par jour de semaine est passé de 700.000 à 727.000, soit une augmentation de 3% (Stockholmsforsöket, 2006, p.2).

Dans ces circonstances, comme pour Londres, nous allons estimer le surplus des usagers avec la méthode de calcul de variation du surplus. Nous pouvons alors envisager deux situations. Dans la première, l'absence de variation de la vitesse des bus ne conduit à aucun surplus pour les usagers des bus. Dans la seconde, nous retenons une variation de la vitesse des bus de 6%, comme Small à Londres. Nous pouvons alors calculer la variation de surplus des usagers.

Nous disposons d'observations sur le nombre de passagers-kilomètres en bus dans la seule zone à péage avant et après la mise en place du péage. Nous ne disposons pas de la valeur du temps des usagers des bus dans la seule zone à péage. Nous faisons donc l'hypothèse qu'elle est identique à celle du reste de l'agglomération. Sur la base de la méthode de calcul que nous avons expliqué un peu plus haut, nous retenons une VDT des usagers des bus de 9 €/h³⁴.

Nous pouvons donc en déduire d'une part la valorisation monétaire du gain de temps pour les usagers existants avant la mise en place du péage, soit un peu plus de 3 863 000 euros, et le gain de temps pour les nouveaux usagers (divisé par deux), soit moins de 74 500 euros, sur 6 mois. Le total de ces gains de temps sur 12 mois est donc respectivement de 7,7 M€ et de 0,1 M€. Ces chiffres sont très inférieurs à l'estimation de Transek (17 + 3 M€) et plus proches de l'estimation de Prud'homme & Kopp (11 M€).

3.4.6 La prise en compte du confort dans les TC

En vue de prendre en compte l'influence du péage sur le confort dans les bus, P&K reprennent une méthode d'évaluation appliquée par SL. La valeur du temps est doublée lorsque le trajet est réalisé debout, et est multipliée par 1,5 lorsque la congestion à bord est jugée moyenne. Ainsi, à partir de la durée moyenne passée à bord des TC pour un trajet « moyen » à Stockholm, et compte tenu du nombre total de trajets réalisés chaque jour et de la valeur du temps, P&K évaluent l'impact socio-économique de la baisse de confort imposée aux usagers.

Pourtant, ce calcul est difficilement acceptable puisqu'il ne dissocie pas le service offert en heure de pointe et en heure creuse ainsi que le mode utilisé. P&K appliquent leurs calculs à tous les trajets réalisés en direction de la zone à péage pour tous les modes collectifs, bien que le rapport de SL souligne que le nombre de passagers voyageant debout était resté le même dans les bus, avait diminué dans les trains mais qu'il avait crû dans le métro aux heures de pointe (de 7h30 à 8h30). Les majorations de valeur du temps ne devraient donc pas être appliquées à 1,3 millions de trajets mais à un nombre largement inférieur, ce qui réduirait grandement les estimations.

Il semble donc que le montant proposé par Transek soit plus proche de la réalité. Celui-ci intègre le confort par le coût nécessaire au maintien du même niveau de qualité de l'offre, compte tenu des effets du péage sur la fréquentation. Le niveau de confort est mesuré à partir du ratio « nombre de passagers par siège ». L'évaluation des coûts se base ensuite sur le modèle développé par Banverket, l'autorité responsable du trafic ferroviaire en Suède.

3.4.7 La prise en compte des coûts d'exploitation

Lorsque l'on compare les évaluations proposées par Transek et P&K, de grandes différences existent en ce qui concerne les coûts d'exploitation retenus pour faire fonctionner le péage et pour soutenir les améliorations et les extensions mises en place dans les TC.

³⁴ ce qui semble raisonnable en comparant avec les 10 €/h pour les usagers de la voiture particulière

Pour les coûts d'exploitation du péage, P&K aboutissent à un montant de 79 M SEK sous l'hypothèse que les coûts d'exploitation d'un péage représentent en général 10% du montant des recettes, comme c'est le cas à Oslo. Or, les technologies ont évolué et il est difficile, alors que le péage d'Oslo a été créé il y a 19 ans, d'extrapoler les tendances de l'époque au péage de Stockholm actuel. Les 220 M SEK retenus par Transek semblent donc faire référence.

Les coûts d'exploitation retenus pour soutenir les améliorations et les extensions mises en place dans les TC sont clairement présentés dans Transek (2006) : nous retenons donc les coûts de l'expansion de l'offre de bus (341 M SEK pour les véhicules et 3 M SEK pour l'amortissement des dépôts).

3.4.8 La durée des amortissements

En comparant les résultats financiers, on peut observer que cette composante de l'analyse coûts-avantages globale est source d'écarts conséquents. Cela aussi bien pour les amortissements d'investissement pour le péage que pour les TC.

Transek amortit l'ensemble des investissements sur 40 ans tandis que P&K amortissent sur 8 ans. Au regard des investissements nécessaires au fonctionnement du péage de Stockholm (caméras, capteurs électroniques, équipements informatiques), retenir une durée de vie de 40 ans équivaut sans aucun doute à surévaluer la durée de vie des infrastructures.

Le tableau suivant met en évidence l'impact de la durée d'amortissement retenue pour les infrastructures de péage (l'amortissement est calculé de manière linéaire).

Tableau 27 : Sensibilité du coût d'amortissement à la durée de vie de l'infrastructure retenue

Durée de vie de l'infrastructure retenue par Transek (ans)	40
Investissement (M SEK)	1881
Montant de l'amortissement pour une durée de vie de 40 ans (M SEK)	50
Montant de l'amortissement pour une durée de vie de 15 ans (M SEK)	125
Montant de l'amortissement pour une durée de vie de 10 ans (M SEK)	188

Source : calculs des auteurs

Les travaux effectués par le consortium Heatco (2006) sont favorables à une durée d'amortissement comprise entre 10 et 30 ans. Les consignes d'évaluation proposées par Heatco laissent aussi entendre qu'une période d'amortissements inférieure à 40 ans est mieux adaptée aux infrastructures utilisées pour le péage de Stockholm. Au regard de la part importante des équipements informatiques dans les infrastructures totales de péage, nous retiendrons une durée d'amortissement de 10 ans pour les infrastructures de péage.

Enfin, autant il semblerait que la période d'amortissement retenue par la ville de Stockholm soit trop importante pour les infrastructures de péage, autant celle retenue par P&K pour les investissements d'augmentation de capacité des transports collectifs (TC), de 5 ans, semble trop courte. Les investissements réalisés dans les TC se composent de matériel roulant et de dépôts. Ici, une durée d'amortissement de 40 ans est acceptable pour le dépôt mais ne l'est pas pour les bus. Au total, une durée de 15 ans semble raisonnable. Néanmoins, comme indiqué

précédemment, Transek donne directement les coûts d'exploitation des bus incluant l'amortissement des véhicules (341 MSEK), montant que nous retiendrons.

3.4.9 La prise en compte des CMFP et COFP

Comme nous l'avons vu précédemment, les CMFP et les COFP sont directement fonction des montants de recettes et de coûts. Pour ce qui est des CMFP, ce sont les données de départ, et notamment celles des coûts d'exploitation qui sont à la source des différences de résultats entre P&K et TRANSEK. En effet, tous deux retiennent un CMFP de 30%.

Pour ce qui est du COFP, ce sont également les valeurs retenues pour les coûts d'exploitation qui crée les différences, ainsi que dans un second temps, le montant retenu pour le COFP, de 5% pour P&K et de 23% pour TRANSEK. Le COFP fait normalement référence ici à la rentabilité socio-économique maximale pouvant être attendue d'un investissement réalisé à Stockholm dans le secteur des transports.

Compte tenu de l'incertitude qui repose sur la valeur du COFP et en référence au contexte économique actuel, nous retenons pour notre évaluation un COFP de 15%.

3.5 Synthèse : un bilan en demi-teinte

Nous récapitulons les valeurs retenues ainsi que leur origine.

Les gains de temps sont calculés à l'aide du modèle de congestion standard qui intègre les déplacements au sein et en dehors de la zone à péage. La valeur du temps horaire retenue est de 122 SEK par véhicule (ou encore, avec un taux de remplissage de 1,26, 98 SEK par personne, soit 10,2 €). Les valeurs de vitesse sont celles retenues par P&K. On obtient alors des gains de temps pour les usagers de véhicules routiers de 170 M SEK et un coût d'éviction des usagers de 64 M SEK.

Pour la fiabilité des temps de parcours, nous conservons la valeur de 78 M SEK prise en compte par TRANSEK.

Les recettes du péage sont de 763 M SEK tout comme dans l'évaluation de TRANSEK.

Pour les usagers de bus, le gain de temps est estimé par nous à 8 M €. Le coût de maintien du niveau de confort pour les TC de 64 M SEK provient également du rapport de TRANSEK.

Concernant les recettes des transports collectifs dans la zone à péage nous appliquons notre estimation prudente de la hausse à 3% (cf. supra) qui, appliquée aux 4.079 MSEK de recettes initiales des transports publics, donne 122 MSEK (soit 12,8 M €).

Les avantages environnementaux sont évalués d'après TRANSEK et atteignent 86 M SEK.

Les coûts de perception du péage atteignent 408 M SEK, soit 220 M SEK de coûts d'exploitation et 188 M SEK d'amortissements (1881 M SEK amortis sur 10 ans).

Les coûts d'amélioration de l'offre de TC sont de 341 MSEK pour les véhicules et 3 MSEK pour l'amortissement des dépôts

Les recettes fiscales diminuent de 53 M SEK sur la base des informations délivrées par TRANSEK.

Les gains ou pertes de CMFP sont obtenus avec un taux de CMFP de 0,3 appliqué aux recettes supplémentaires des bus, aux recettes du péage, aux pertes de recettes fiscales, aux

dépenses du système de péage et d'amélioration de l'offre de bus. Les COFP sont obtenus pour un taux de COFP de 0,15 sur ces deux catégories de dépenses.

Deux variantes du bilan sont présentées (cf. Tableau 28). La première inclut l'ensemble des éléments précédemment discutés. La seconde exclut les composantes de l'extension des bus sur la base de l'argumentation suivante développée par Eliasson (2009). En effet, l'extension des bus avait été décidée avant la mise en route de l'expérience de péage, cette dernière ayant été retardée pour des raisons juridiques. De fait, l'extension des bus prit place six mois avant la mise en route du péage. En outre, aucun effet significatif de cette extension des bus sur la circulation automobile n'a pu être mesuré : des enquêtes à bord des nouvelles lignes de bus ont montré que 4% seulement des passagers se déclaraient « anciens automobilistes », soit l'équivalent de 600 trajets automobiles en moins, à comparer la réduction du nombre de véhicules traversant le cordon aux heures de péage, soit 100.000 véhicules en moins. C'est pourquoi on peut raisonnablement supposer que la baisse de la circulation automobile est due exclusivement au péage et donc que les gains de temps peuvent également lui être attribués.

Par conséquent, dans cette variante « sans extension bus », nous ne tenons plus compte des gains de temps des *nouveaux* usagers des bus et des coûts de l'extension des bus, tandis que nous maintenons le « coût de maintien du niveau de confort », qui a été pris en charge par une amélioration dans le service de train, et les recettes supplémentaires des transports collectifs (bus préexistants et trains), qui proviennent du transfert d'usagers de la route au fait du péage.

En conclusion, si l'on adopte la perspective du « bilan total », ce dernier est négatif (d'environ 50 M€ par an). Si par contre, on adopte la perspective, qui semble fondée, du bilan « sans extension bus », ce dernier est juste équilibré.

La différence avec les résultats très positifs avancés par Transek tient pour l'essentiel à l'estimation des gains de temps des automobilistes (et dans une moindre mesure des usagers des bus), mais aussi des coûts d'amortissement du système de péage.

Tableau 28 : Le bilan du péage urbain de Stockholm (2006)

	Bilan total		Bilan sans extension bus	
	Msek /an	M€ /an	Msek /an	M€ /an
<i>Usagers des transports</i>				
Usagers des véhicules routiers				
Gains de temps des usagers	170	18	170	18
Fiabilité accrue des temps de parcours	78	8	78	8
Péages	-763	-80	-763	-80
Eviction	-64	-7	-64	-7
Total	-579	-61	-579	-61
Usagers des TC				
Gains de temps des anciens usagers	73	8	73	8
Gains de temps des nouveaux usagers	1	0		
Coût de maintien du niveau de confort	-64	-7	-64	-7
Total	11	1	9	1
Recettes additionnelles TC	122	13	122	13
Total	122	13	122	13
<i>Environnement et autres externalités</i>				
Bénéfices environnementaux	86	9	86	9
Amélioration de la sécurité routière	0	0	0	0
Total	86	9	86	9
<i>Collectivité publique</i>				
Recettes du péage	763	80	763	80
Coûts de perception du péage (investissements + exploitation)	-408	-43	-408	-43
Coûts d'amélioration de l'offre de TC (investissements + exploitation)	-344	-36		
Variation des recettes fiscales (taxes carburant)	-53	-6	-53	-6
CMFP Recettes additionnelles TC	37	4	37	4
CMFP Recettes péage	229	24	229	24
CMFP Variation des recettes fiscales	-16	-2	-16	-2
COFP + CMFP d'amélioration de l'offre de TC	-155	-16		
COFP + CMFP Coûts de perception du péage	-184	-19	-184	-19
Total	-131	-14	368	39
Bilan	-491	-52	6	1

Source : calculs des auteurs

En outre, comme évoqué et commenté tout au long de notre analyse, la sensibilité des résultats à certains choix méthodologiques invite à considérer des intervalles de confiance et des sensibilités plutôt qu'une valeur unique.

Lorsqu'on fait varier les vitesses à vide sur le réseau (dans le centre et en périphérie) de 10%, on obtient les résultats suivants.

Tableau 29 : Sensibilité du bilan aux mesures des vitesses avant péage (centre et périphérie)

Variation des vitesses	-10%	0%	10%
Bilan (M€)	32.6	1	-25.6

Les résultats du COFP doivent aussi être interprétés avec prudence puisqu'une incertitude demeure sur la valeur à retenir pour le COFP. Lorsque l'on modifie les valeurs de référence du COFP, le bilan varie finalement peu, en regard de la sensibilité constatée pour la vitesse.

Tableau 30 : Sensibilité du bilan aux valeurs du COFP

Valeur du COFP	5%	15%	23%
Bilan (M€)	5	1	-3

Le bilan économique est mitigé. Malgré tout, certains objectifs attribués initialement au projet de péage ont finalement été remplis. Le trafic dans le centre a bien été réduit, passant de 410 000 à 328 000 déplacements par jour dans la zone à péage. La baisse du volume de trafic a été supérieure aux 15% souhaités. Les vitesses de circulation ont augmenté en moyenne dans le centre (de 22,9 km/h à 26,2 km/h) et en périphérie (de 49,5 km/h à 51,1 km/h). Les émissions polluantes ont diminué et le bien-être dans le centre a augmenté comme l'attestent les enquêtes de satisfaction (Hiselius et al, 2007).

Ce sont les importants investissements dans le système de péage et ses coûts d'exploitation qui réduisent considérablement le seuil de rentabilité du projet suédois, et ce d'autant plus que la contrainte budgétaire des finances publiques est forte. Si les coûts de prélèvement du péage sont élevés pour des raisons souvent topologiques et géographiques, il est primordial, lors de l'instauration de tels projets de limiter les coûts au maximum afin que l'investissement soit le plus viable possible. Si la mobilité locale le permet, un péage cordon (ou multi-cordon) devrait être préféré à un péage de zone.

3.6 Des évaluations ex-ante de l'équité du péage de Stockholm

Eliasson et Mattson (2006), Armelius et Hultkrantz (2006), Karlström et Franklin (2007) ont évalué *ex ante* l'équité du péage de Stockholm. Voici quels sont leurs principaux résultats.

Pour Eliasson et Mattson (2006), plusieurs catégories de population seront touchées par la mise en place du péage, mais cette mesure peut néanmoins être progressive.

L'impact du péage sur les automobilistes qui habitent à l'extérieur de l'agglomération et qui viennent dans le centre sera d'autant plus fort que leur revenu et leur capacité d'adaptation seront faibles. Cette capacité d'adaptation dépend du motif de leur déplacement. Le motif travail est celui qui leur permet le moins de latitude. Une autre catégorie sera touchée par le péage : les hommes résidents dans la zone centrale à péage ayant les revenus les plus élevés qui effectuent de nombreux déplacements en voiture dans la zone à péage.

Si les recettes du péage servent à réduire les taxes, les bénéfices nets seront identiques selon les hommes et les femmes (gain entre 200 et 250 SEK par individu et par an) mais seront largement en faveur des groupes aux revenus les plus élevés (gain de plus de 600 SEK par individu et par an pour les plus hauts revenus contre seulement 200 SEK par individu et par an pour les revenus moyens, et même une baisse de 50 SEK par individu et par an pour les revenus les plus bas). A l'inverse, si les recettes du péage sont allouées à l'amélioration des transports en commun alors les femmes (plus de 400 SEK par individu et par an pour les femmes contre moins de 25 SEK pour les hommes) et les groupes à faibles revenus en seront les plus grands bénéficiaires (gain de 500 SEK par individu et par an pour les revenus les plus bas, gain de 200 SEK par individu et par an pour les revenus moyens, baisse de 175 SEK par individu et par an pour les plus hauts revenus).

Ils en concluent que pour que le schéma de péage soit une mesure progressive, les recettes doivent être utilisées pour améliorer l'offre de transport en commun.

Karlström et Franklin (2007) étudient l'équité horizontale et l'équité sociale du péage. Ils mesurent l'équité horizontale par le choix du mode de transport (VP/TC) entre les hommes et les femmes et l'équité verticale par le choix de l'horaire de départ.

Ils montrent que les différences liées au sexe dans le choix du mode sont finalement assez faibles. Les tests statistiques ne sont pas significatifs. L'inéquité sociale du péage est beaucoup plus forte. L'introduction du péage conduit à une hausse de l'indice de Gini de + 0,0018, ce qui signifie que la mesure est régressive. La possibilité de moduler ses horaires de départ semble profiter à ceux qui ont les revenus les plus élevés, car ils bénéficient d'une plus grande flexibilité de leurs horaires de travail.

Ils en concluent que pour que le péage soit socialement plus équitable, il est nécessaire d'augmenter le niveau du péage avec le revenu et non pas de se contenter d'une hausse du montant absolu du péage.

Armelius et Hultkrantz (2006) utilisent un modèle de choix modal (TC/VP) couplé à une distribution des revenus pour estimer les effets de bien-être du péage. Ils étudient les déplacements des habitants de la périphérie de Stockholm qui traversent la zone à péage. Dans leur cas de base qui correspond à la situation de Stockholm en 2006, ils estiment que la part modale de la voiture serait de 33% (67% pour les TC) avant le péage et serait réduite à 23% si le péage était mis en place (77% pour les TC).

Ils montrent que les classes moyennes de revenu qui utilisent la voiture et qui habitent en périphérie de Stockholm sont les catégories qui perdent le plus lorsque le péage est mis en place. Elles restent perdantes, mais beaucoup moins si les recettes sont complètement redistribuées sous forme de transferts forfaitaires.

Par ailleurs, Armelius et Hultkrantz montrent également que le nombre de gagnants augmente considérablement lorsque la qualité de service des transports publics est améliorée en même temps que le péage est mis en place. Cette amélioration bénéficie à ceux qui font un report modal vers les transports en commun mais également aux nombreux habitants de la périphérie qui les prennent déjà.

4 Evaluation du péage d'Oslo

L'expérience des péages urbains en Norvège, longue de plus de vingt ans, est instructive à plus d'un titre. Il s'agit de péages orientés vers le financement du développement des capacités de transport. Cette expérience montre également que le péage urbain n'est pas réservé à des agglomérations millionnaires voire multi-millionnaires, mais qu'il s'applique aussi à des villes de taille moyenne, de moins de 100.000 habitants. Après avoir présenté le contexte national et local du péage en Norvège, nous analysons le cas d'Oslo, en présentant sa mise en place, son fonctionnement et son bilan.

4.1 Le contexte national et local

La Norvège possède, à l'instar de la France et de quelques autres pays européens, une tradition de financement des investissements au moyen de redevances routières. Cela s'explique par la topographie compliquée de ce pays qui implique des coûts très élevés de construction des routes. La loi norvégienne rend possible la mise en place d'une tarification routière sur les réseaux existants, pour pré-financer une infrastructure nouvelle à intégrer dans ce réseau, avant même que la nouvelle infrastructure ne soit achevée.

Il n'existe pas de système de concession en Norvège, et c'est l'administration publique des routes qui s'occupe de tout le processus de planification, et, au moyen de filiales contrôlées par les pouvoirs publics, de la construction et de l'exploitation des projets financés par le péage. Seule une société de droit privé mais contrôlée par les collectivités locales est créée pour exploiter le système de péage et gérer les recettes.

Ce mode de financement a été étendu aux zones urbaines sous la forme de péages de cordon sur le trafic entrant dans Bergen (1986, population de 233.000 habitants), Oslo (1990, 800.000 habitants), Trondheim (1991, 150.000 habitants), Kristiansand (1997-2000, 74.000 habitants) et Stavanger (2001, 162.000 habitants). Ces péages font à chaque fois partie de paquets de financement de plusieurs projets, essentiellement routiers, paquets dans lesquels le gouvernement central s'est engagé à allouer des fonds à hauteur des recettes des péages perçus localement. Du fait de cet objectif de financement, les péages urbains norvégiens sont mis en place pour une durée limitée, celle nécessaire à la réalisation des projets d'infrastructures. La mise en place de ces péages résulte d'initiatives locales qui doivent être approuvées par le Parlement.

Cette législation implique aussi que, contrairement à la France, il n'est pas exigé de lien direct entre l'usage par l'automobiliste de l'infrastructure nouvellement construite et la perception du péage. C'est ainsi que la loi norvégienne n'interdit pas la mise en place de péages de cordon ou de zone sur les réseaux existants pour financer le développement des routes. En outre, la législation restreignait initialement l'usage des ressources collectées au financement de la route, ce qui explique la faible part des dépenses prévues pour les autres modes (aménagement pour les piétons et les cyclistes, priorités et voies réservées pour les transports publics) ainsi que pour les aménagements de l'environnement urbain. Cependant, à Oslo, du fait des accords politiques qu'il a fallu négocier, cette difficulté a été contournée en allouant une partie des fonds gouvernementaux aux transports publics.

Au moins cinq raisons principales sont avancées pour expliquer la mise en œuvre effective de ces projets :

- Les avantages des programmes d'amélioration des routes étaient évidents pour tout le monde, et en particulier pour les automobilistes. Bien qu'il n'y ait pas eu d'évaluations socio-économiques complètes des projets d'infrastructure, leur nécessité se faisait sentir après des années de forte croissance de la circulation automobile et de faible amélioration de l'offre routière en milieu urbain. Il s'agissait donc d'apporter un financement supplémentaire, et nullement de chercher à réduire la circulation, comme en témoignent la modicité des tarifs pratiqués et les rabais offerts aux abonnés. Cependant, la canalisation du trafic automobile dans ces nouvelles infrastructures, a permis de regagner de l'espace et de la qualité de vie en centre-ville, au détriment de l'automobile.
- Les recettes de péage étaient complétées par des fonds gouvernementaux qui n'auraient pas été obtenus sans cela.
- Les opposants au développement du réseau routier (notamment les écologistes) appréciaient que les automobilistes aient à payer pour circuler en ville et qu'une part du financement du programme aille aux transports publics.
- Les partis politiques s'accordèrent pour ne pas faire de cette question un enjeu de controverse politique entre eux. Dans le cas des péages urbains, l'accord entre les deux plus grands partis, conservateur et travailliste, a été un facteur essentiel d'aboutissement de ces projets.
- Une caractéristique commune à ces péages urbains – et facteur supplémentaire d'acceptabilité – est qu'ils ont été mis en place pour une durée limitée, celle prévue pour la réalisation des mesures financées. Bergen, qui voyait son système de péage expirer fin 2001, a décidé de le prolonger. A Trondheim, la décision a été prise d'un arrêt du péage au 1^{er} janvier 2006 avec démontage des portiques.

4.2 Le péage de cordon d'Oslo

Le péage de cordon d'Oslo³⁵, mis en place en 1990, est souvent présenté comme un exemple de réussite. Son but était de financer un système de rocade et de tunnels routiers et, par là même, décongestionner le centre ville.

L'agglomération d'Oslo comprend environ un million d'habitants répartis pour moitié entre la ville d'Oslo elle-même et le comté d'Akershus qui entoure la ville. La ville s'est historiquement développée autour du port situé au fond d'un fjord. Du fait du relief accidenté de la région d'Oslo, les accès au centre ville sont limités à trois corridors et les échanges se font principalement en passant par le centre-ville.

Par manque de financement et donc d'investissements, le développement du trafic automobile avait fini par provoquer une congestion récurrente qui devenait de plus en plus problématique dans les années 80. L'une des solutions privilégiées était de construire un tunnel routier sous le centre d'Oslo, qui permettrait de regagner l'espace du centre ville au profit d'autres usages

³⁵ Le lecteur trouvera les détails sur le péage d'Oslo dans le rapport de mission que nous avons effectuée avec le CERTU, la DREIF et l'IAURIF (Certu et al, 2002). Des informations récentes sur Oslo et les autres péages urbains de Norvège se trouvent également dans (Ramjerdi et al, 2004) et (Ieromonachou et al, 2006).

que la circulation automobile. Ayant abandonné tout espoir d'obtenir des subventions suffisantes de la part du gouvernement central, les autorités locales discutaient plusieurs options de financement, comprenant les taxes sur les carburants, un péage d'axe sur le futur tunnel, l'augmentation des tarifs de stationnement ou un péage urbain de zone.

En 1984, le Parlement norvégien s'est engagé à accroître les subventions, dans le cas où les collectivités locales adopteraient le plan de transport proposé par la Direction des Routes, dont les coûts seraient financés en partie par le péage. La discussion politique fut assez ardue et finalement un compromis fut trouvé entre les partis politiques, sans consultation directe de la population. Avec le « *Oslo Package 1* » une société (*Fjellinjen*) fut créée sous le contrôle de la ville d'Oslo (60%) et du comté d'Askerhus (40%), pour collecter les recettes du péage et contribuer à hauteur de 55% au financement de 50 projets d'infrastructure de transport (routes et transports publics) pour 11 milliards de NOK³⁶ (soit 1,4 milliards d'euros) sur 10 ans, les 45% restant provenant des subventions du gouvernement central. 20% des recettes étaient affectées aux infrastructures de transports publics.

En 1989, un an avant la mise en œuvre du péage à Oslo, les sondages montraient une opposition majoritaire (70 % « contre », 30 % « pour »). Le tunnel d'Oslo (2 km) qui assure le principal trafic de transit est-ouest (sous le centre-ville et le port), fut ouvert quelques semaines avant la mise en service du péage (le 1^{er} février 1990), rendant visible aux automobilistes les effets positifs du programme à venir, tandis que le niveau de tarif du péage était relativement bas. Les opposants prédisaient le chaos au moment de l'ouverture du péage, mais rien de tout cela ne se produisit³⁷. En conséquence, l'opposition a diminué : en 1991, seuls 57 % des sondés étaient « contre » et 36 % « pour » (Tretvik, 2003). On peut parler d'acceptation, même si la proportion des opposants reste élevée au fil des ans : 50 à 60% encore d'opinions « contre » à Oslo, 10 ans après l'ouverture du péage³⁸.

Le péage d'Oslo est un péage cordon, c'est-à-dire que les automobilistes doivent payer pour entrer dans les limites d'un cordon ceinturant une partie de la ville d'Oslo. La moitié de la population de la ville d'Oslo réside à l'intérieur du cordon. La localisation des portes de péage résulte d'un compromis à la fois économique et politique, qui dut être trouvé entre la ville et le comté environnant. La topographie locale particulière a permis de limiter le nombre de stations de péages à 19 qui se situent à une distance de 5 à 8 kilomètres du centre-ville, sur les 3 couloirs majeurs de pénétration en direction du centre. Quatre routes secondaires ont été fermées pour rendre le cordon étanche.

³⁶ couronnes norvégiennes

³⁷ On reporte tout de même une cabine de péage incendiée et des marques de tirs d'armes à feu sur d'autres... (Ieromonachou et al, 2006)

³⁸ communication de M. Sorlie, directeur des transports d'Oslo.

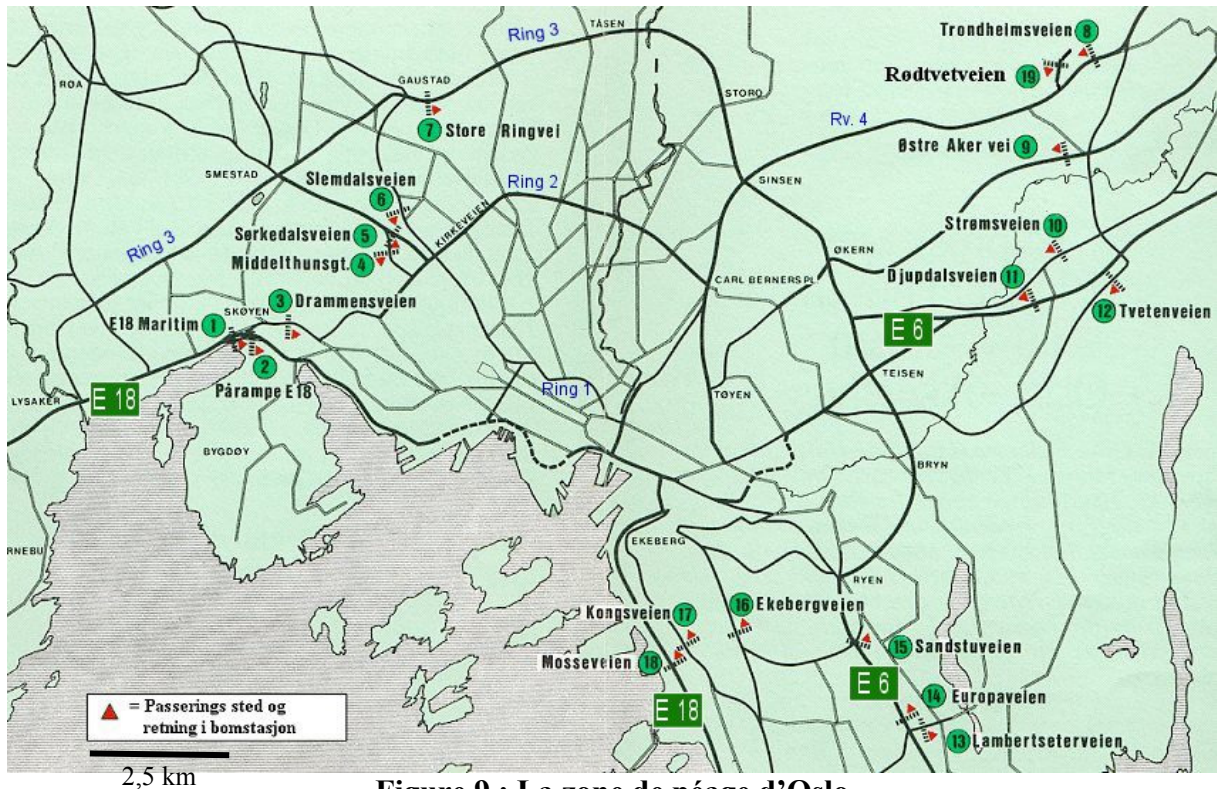


Figure 9 : La zone de péage d'Oslo

Afin d'accélérer les investissements, le « Oslo Package 2 » fut décidé et en novembre 2001 le tarif du péage fut augmenté de même que les tarifs des transports publics. Le surcroît des recettes provenant de cette augmentation est dédié aux investissements dans les transports publics.

Les recettes du péage, attribuées aux projets routiers et de transports publics, s'élèvent en moyenne chaque année à plus de 1 milliard NOK (soit environ 123 millions €) dont 10% de coûts d'exploitation de ces péages.

4.3 Le fonctionnement du péage de cordon d'Oslo

Le péage est permanent, soit 7 jours 7 et 24 h sur 24, et ne s'applique qu'aux véhicules automobiles à quatre roues et plus. Les exemptions concernent les deux-roues, les véhicules transportant les personnes handicapées, les véhicules d'urgence et les transports collectifs.

Le paiement ne s'applique qu'au trafic entrant (en direction du centre-ville). Le prix de base par passage pour les véhicules légers est de 15 NOK (1,85 €), tandis que les véhicules de plus de 3,5 tonnes paient le double du tarif de base. Comme il s'agit de collecter des recettes et non de réduire le trafic, une politique de ristourne assez généreuse est en place, de manière également à inciter à l'équipement électronique embarqué à bord des véhicules (AutoPASS) et accélérer ainsi le passage aux portes de péage. Il est possible d'acheter à l'avance des

passages en quantité (par exemple³⁹, 25 passages pour 340 NOK, soit 42 €) ou un forfait mensuel pour 400 NOK (soit 49 €), ou encore annuel pour 4.100 NOK soit 505 €.

Les 19 stations de péage totalisent 62 voies de péage dont 27 réservées au péage électronique, pour les automobilistes abonnés. Ce type de péage nécessite que le véhicule soit équipé d'un badge électronique d'identification automatique et permet de traiter 1.600 véhicules par voie et par heure, soit 4 fois plus qu'un péage manuel classique. Cela évite d'avoir à élargir le domaine routier pour faire place aux stations de péage. La flotte des véhicules équipés s'élève à plus de 400.000 et ces véhicules représentent plus de 81% des passages chaque jour en moyenne (88% aux heures de pointe). Les autres voies de péage nécessitent l'arrêt du véhicule et permettent le paiement à des machines automatiques ou à un péagiste.

Au passage au télépéage, une antenne lit la balise passive embarquée à bord du véhicule, l'information étant ensuite confrontée à une base de donnée stockant les informations sur les abonnés, ce qui permet le débit du péage sur le compte de l'abonné.

Dans toutes les voies, en cas d'infraction au passage, un feu spécifique signale le problème au conducteur, et une caméra vidéo enregistre la plaque aux fins d'amende. La précision du système est évaluée à 97% et le taux d'infraction sur les voies à péage s'élève en moyenne à 0,2%. Des règles strictes de traitement des données assurent la protection de la vie privée (Ramjerdi et al, 2004). L'amende est de 300 NOK (37 €) mais elle peut être évitée en payant son passage dans les trois jours avec un malus de 30 NOK.

Le cordon enregistré en 2005 plus de 250.000 entrées par jour en moyenne, le trafic croissant d'année en année (+21% sur la période 1990-2005).

Plusieurs études concluent que la réduction de trafic automobile (en nombre de passages) est inférieure à 10%, voire seulement de 3 à 4%. La croissance de fréquentation des transports publics attribuable au péage est également inférieure à 10% voire jugée non significative par certains (cf. Ramjerdi et al, 2004).

Sur les 50 projets prévus, 34 ont été achevés. Trois autres projets majeurs de route et tunnel ont débuté en 2005, pour un coût de 7,5 milliards NOK (environ 0,92 milliards €), dont l'achèvement est prévu en 2008-2010 (Fjellinjen, 2006). Le coût total du Oslo Package (1 et 2) s'élève désormais à 30 milliards NOK (environ 3,7 milliards €) : cette hausse s'explique entre autres par un renforcement des exigences environnementales au sujet des projets routiers.

4.4 Le bilan du péage d'Oslo

Le bilan économique du péage d'Oslo pour la première année complète de service est uniquement constitué d'éléments financiers. En effet, aucun gain de temps n'a été constaté sur l'infrastructure. Les documents de référence concluent tous à des impacts nuls en termes de temps de parcours et une faible réduction de circulation entrant dans le cordon, contrebalancée par une augmentation de trafic sur les principales routes, augmentation qui a été toutefois moindre que dans le reste du pays⁴⁰. Les niveaux de pollution de l'air n'ont pas varié, le bruit est réduit là où les nouvelles routes empruntent des tunnels, tandis que le cadre

³⁹ tarifs pour 2002 (Ramjerdi et al, 2004)

⁴⁰ Norwegian Public Roads Administration, July 2006. Consulté sur le site du projet Curaçao (novembre 2009) <http://www.curacaoproject.eu/>

de vie a été amélioré grâce au management de la circulation et la reconquête des espaces publics en surface, notamment dans le centre.

Les seuls avantages considérés ici sont alors formés par les coûts marginaux des fonds publics (CMFP). Quand, dans les cas de Londres et Stockholm, le CMFP avait un impact négatif sur le bilan, il a ici une influence positive puisque les transferts des conducteurs vers le gestionnaire du péage sont beaucoup plus importants que les coûts de perception du péage. Le CMFP qui s'applique aux recettes comme aux dépenses vient alors bonifier le bilan qui est largement positif. Comme on le voit dans le cas d'Oslo, plus l'écart entre les recettes et les coûts est important, plus le CMFP joue son rôle de multiplicateur dans le bon sens.

Le tarif du péage d'Oslo est faible et a entraîné des changements minimes en termes de trafic, et les recettes produites sont donc conséquentes. La technologie est triviale : présence de quelques caméras de contrôle à un nombre réduit de portes d'entrée dans le cordon, et badges de reconnaissance automatique.

Tableau 31 : Le bilan du péage d'Oslo (1991)

	MNOK /an	M€ /an
<i>Usagers des transports</i>		
Usagers des véhicules routiers		
Gains de temps des usagers de véhicules routiers	0	0,0
Fiabilité des temps de parcours pour les usagers de la route	0	0,0
Péages	-668	-76,5
Eviction	0	0,0
Total	-668	-77
Usagers des TC		
Gains de temps des usagers des bus	0	0,0
Coût de maintien du niveau de confort pour les usagers des bus	0	0,0
Total	0	0
<i>Opérateurs de transport</i>		
Opérateur TC		
Recettes additionnelles bus	0	0,0
Total	0	0
Autres		
<i>Environnement et autres externalités</i>		
Bénéfices environnementaux	0	0,0
Amélioration de la sécurité routière	0	0,0
Total	0	0
<i>Collectivité publique</i>		
Recettes du péage	668	76,5
Coûts de perception du péage (investissements + exploitation)	-74	-8,5
Coûts d'amélioration de l'offre de TC (investissements + exploitation)	0	0,0
Coûts d'amélioration de l'environnement urbain (parking + modes doux)	0	0,0
Variation des recettes fiscales (taxes carburant)	0	0,0
CMFP Recettes additionnelles bus	0	0,0
CMFP Recettes péage	200	23,0
CMFP Variation des recettes fiscales	0	0,0
COFP + CMFP d'amélioration de l'offre de TC	0	0,0
COFP + CMFP Coûts de perception du péage	-33	-3,8
COFP + CMFP Coûts d'amélioration de l'environnement urbain	0	0,0
Total	760	87,1
Bilan	92,5	10,6

Source : Réalisé par l'auteur (1€ = 8,72296 Nok) COFP=0,15

Enfin, quelles que soient les valeurs retenues pour le COFP, le péage d'Oslo est rentable.

Tableau 32 : Sensibilité du bilan aux valeurs du COFP

Valeur du COFP	5%	15%	23%
Bilan (M€)	11,5	10,6	10,6

Source : Réalisé par l'auteur

4.5 Les controverses autour du « Oslo Package 3 »

Le péage d'Oslo était censé expirer fin 2007, mais plusieurs projets restaient encore à financer. C'est pourquoi le fonctionnement du péage de cordon actuel a été prolongé de cinq ans tandis que le Parlement norvégien approuvait en mars 2008 le « Oslo Package 3 », le péage de financement devant être prolongé jusqu'en 2027. Dans ce plan, il est prévu de renforcer la part des infrastructures de transports publics mais également d'en financer l'exploitation. Le plan prévoit en outre l'ajout de portes de péage supplémentaires et la suppression des abonnements mensuels et annuels qui bénéficiaient de ristournes appréciables. Enfin, le tarif du péage est augmenté de 25% pour les voitures particulières (25 NOK) et de 90% pour les plus gros véhicules (75 NOK)⁴¹.

L'administration norvégienne des routes estime que l'arrêt du péage provoquerait une croissance de la circulation automobile de 8 à 10% à court terme et de 30% à l'horizon 2025. Certains tunnels seraient saturés en 2015, de même que le réseau viaire de la zone centrale (*Inner city*).

Cependant, ce plan a été largement critiqué⁴² pour un manque d'objectifs clairs, de critères d'évaluations, d'incitations économiques (comme le péage de congestion) et une sous-estimation des coûts. Il semble que ce plan ne pourra se maintenir en l'état à cause de dépassement de coûts importants dans les infrastructures projetées. Cependant, le besoin de financement d'extensions du système de transports publics (métro) est toujours là.

4.6 Conclusions et perspectives

Rappelons brièvement les ingrédients du succès dans l'acceptation des péages urbains norvégiens : un objectif palpable, à savoir le financement d'un programme précis d'amélioration des infrastructures de transport et donc une durée finie ; une répartition territoriale des avantages non limitée à la zone interne au cordon ; la « carotte » du gouvernement central pour inciter les autorités locales à sauter le pas ; une part des recettes affectée aux transports en commun pour achever de convaincre ; un tarif bas et dégressif ; le

⁴¹ Oslo Case Study. Consulté sur le site du projet Curaçao (novembre 2009) <http://www.curacaoproject.eu/>

⁴² Communication personnelle de Lasse Fridstrøm (TOI, Institute of Transport Economics, Oslo)

péage électronique pour faciliter la vie de l'automobiliste ; et une volonté politique forte malgré l'opposition de la population.

Un amendement législatif autorise depuis 2002 l'utilisation du péage aux fins de régulation de la demande, et notamment le péage de congestion en zone urbaine. Les recettes de péage devraient être utilisées pour l'amélioration du transport local, aussi bien pour la route que pour les transports publics. Toutefois, la loi exclut la coexistence de ces deux types de péage – financement et régulation – sur une même aire d'intervention. Jusqu'à maintenant aucun projet de péage de congestion n'a été annoncé et les élus locaux d'Oslo ont écarté cette solution.

Conclusion

Du point de vue des modèles utilisables pour évaluer les surplus des usagers, il faut souligner la robustesse raisonnable du modèle de congestion standard. Ce dernier, appliqué à l'aide de paramètres d'entrée validés dans le cas de Londres – comme la valeur du temps des automobilistes –, permet de retrouver des valeurs de surplus compatibles avec celles issues de modèles plus sophistiqués mis en œuvre par TfL. Bien sûr, l'application de ce modèle standard avec une valeur du temps et des vitesses moyennes est critiquable si on cherche la précision des résultats, comme ce pourrait l'être dans le cas d'une infrastructure à péage dont l'équilibre financier dépend de manière critique de ces estimations. Il est peu probable que, dans notre cas, la recherche d'une plus grande précision change l'ordre de grandeur de l'évaluation de ces gains de décongestion.

Tout autres sont les impacts de plusieurs autres paramètres sur les bilans finaux de ces programmes de péage. En tout premier nous rappellerons l'extrême sensibilité de l'évaluation du gain de décongestion aux mesures de vitesses sur le réseau routier : des erreurs de + ou – 10% sur la vitesse à vide ou la vitesse avant péage se traduisent, selon les cas, par un doublement, voire un triplement du gain de décongestion.

De même, on peut s'interroger sur la prise en compte des gains de temps marginaux : dans le cas de Londres, ces gains de l'ordre de 36 secondes au maximum pour 10 km parcourus, ramenés à des quantités très élevées de trafic, doublent au minimum l'estimation du gain de décongestion.

L'amélioration de la fiabilité des temps de parcours en voiture particulière, de même que celle de la ponctualité des bus, sont des avantages qu'il convient de quantifier pour les inclure dans le bilan. Dans le cas de Londres, TfL les estime à un niveau proche de la moitié des gains de temps des passagers des bus. Les méthodes d'évaluation de cette fiabilité sont loin de faire l'objet d'un consensus, et il s'agit à l'évidence d'un thème de recherche à explorer.

Les durées d'amortissement des infrastructures, qu'il s'agisse de celles de péage ou des véhicules de transports collectifs supplémentaires, jouent également un rôle important dans l'évaluation du bilan global.

Enfin, à la liste standard des composantes du bilan socio-économique, il nous a paru essentiel d'ajouter les coûts des fonds publics, qu'il s'agisse des coûts marginaux ou des coûts d'opportunité. Ces coûts jouent un rôle non négligeable dans le bilan, en positif ou en négatif, et ce rôle est appelé à s'amplifier avec la rareté croissante des fonds publics.

Tout cela nous amène à conclure que, plutôt qu'un chiffre unique de bilan socio-économique, ce sont plutôt des plages de valeurs qu'il faudrait afficher.

Avec toutes les réserves précédentes, les résultats apparaissent mitigés avec un bilan soit négatif, soit positif, selon les bornes d'intervalle considérées, que ce soit pour Londres ou pour Stockholm. Peut-être pourrait-on ajouter que le bilan penche du côté positif à Londres lorsque l'on considère l'effet de l'augmentation du tarif de péage survenue en 2005.

On peut toutefois considérer que les objectifs de ces programmes sont effectivement atteints, puisque la circulation a baissé – essentiellement dans la zone à péage –, les émissions polluantes ont également baissé à Stockholm, et les programmes semblent acceptés. Mais si

les objectifs sont globalement atteints, c'est, répétons-le, au prix d'une possible inefficacité économique.

En outre, nous avons pu à l'aide du modèle de Small, calculer (ou actualiser) le rendement du « cercle vertueux » du péage sur le fonctionnement des bus. Rappelons que ce cercle vertueux résulte d'un report modal des automobilistes qui se transfèrent sur les bus, de la réduction de la congestion, grâce au péage, qui permet d'accroître la vitesse des bus, ce qui permet à l'opérateur de faire des économies d'exploitation, et enfin d'une adaptation plus optimale de l'offre par l'opérateur, ce qui lui permet d'attirer de nouveaux clients. Ces résultats mettent en évidence une politique optimale qui pourrait être suivie par les opérateurs des bus, quant à la variation de l'offre de bus ou des tarifs, à la baisse ou à la hausse. L'exemple de Stockholm montre que, quand l'amélioration de vitesse des bus n'est pas au rendez-vous, le cercle vertueux fonctionne très imparfaitement puisque la hausse de clientèle s'accompagne d'une hausse de coûts d'exploitation.

Très différent est le bilan socio-économique à Oslo. Ce dernier est nettement positif car, en l'absence de gains de décongestion, ce sont les gains en coûts marginaux de fonds publics provenant des recettes de péage qui font le bilan : ce gain découle du fait que cette nouvelle ressource publique n'a pas été obtenue par un prélèvement distorsif.

En outre, quand on compare le bilan d'Oslo et ceux de Londres et Stockholm, on ne peut que souligner l'effet multiplicateur des coûts des fonds publics. Le CMFP joue en positif sur les recettes de péage et en négatif, conjointement au COFP, sur les coûts d'infrastructure et d'exploitation du péage. Plus l'écart entre les recettes et les coûts est élevé, plus le gain en CMFP sera élevé, et inversement. Plus les coûts de perception du péage sont élevés, plus la perte en COFP est élevée, et inversement.

Les coûts de perception du péage sont d'un niveau considérable dans les deux cas de Londres et de Stockholm, à l'opposé du cas d'Oslo. Ces trois cas montrent que la technologie du péage et son coût sont intimement liés aux objectifs du péage et à la configuration qui en découle, que ce soit au plan géographique, tarifaire ou de son fonctionnement.

Au vu de ces trois expériences, on serait tenté de conclure que – avec les technologies mises en œuvre – le péage « de congestion » est un luxe que certaines grandes agglomérations assez riches pourraient se payer, et encore en l'appliquant à des zones de taille limitée. A l'opposé, l'exemple norvégien correspond plutôt à un schéma où les recettes sont maximisées en touchant une aire plus large quitte à fixer un tarif modéré, et où également les coûts de perception sont minimisés avec une technologie plus rustique quoique totalement électronique. Les coûts techniques des systèmes de péage sont, à l'évidence, un facteur critique de leur bilan économique.

Enfin, les questions d'équité et d'effets redistributifs ont été assez peu abordées dans ce rapport, parce que nous n'avions pas de données suffisamment détaillées à disposition. Seules les études disponibles ont été passées en revue. Ce qui ne veut pas dire que ces questions soient secondaires dans notre esprit, bien au contraire. Le péage urbain est souvent accusé de renforcer les inégalités sociales. A l'opposé, les vérifications empiriques montrent qu'on ne peut dresser *a priori* de conclusions universelles sur les impacts redistributifs des programmes de péage urbain. Avant même d'envisager des compensations, le péage peut être soit progressif soit régressif, en fonction de l'application particulière à chaque ville : dans le résultat final interviennent la configuration du péage selon les trois paramètres (géographie, tarifs, horaires), la localisation résidentielle des différents groupes sociaux, leurs lieux d'activités et leurs manières de se déplacer. Dans chaque application, les autorités locales peuvent régler finement les paramètres du péage de manière à le rendre progressif et, s'il est

régressif, elles peuvent élaborer par l'utilisation des recettes des compensations envers les perdants.

Nous espérons que les conclusions de ce rapport contribueront utilement au débat sur le péage urbain qui ne manquera pas de s'engager dans telle ou telle agglomération française, suite à l'inscription de la possibilité d'expérimentation dans la loi « Grenelle II ».

Références

Les rapports de Transport For London sont disponibles sur Internet à <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/6722.aspx> (lien valide en septembre 2008).

Algers, S., et al., *Effects of the Stockholm congestion-charging trial*, présentation lors du colloque, 29.05.07, Stockholm.

Armeliu, 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*, 13, 162-172.

Browning, E.K. (1976) The Marginal Cost of Public Funds. *Journal of Political Economy*, vol. 84, no. 2, pp. 283-298.

Brownstone, D. Small, K.A. (2005) Valuing time and reliability: assessing the evidence from road pricing demonstration. *Transportation Research A*, vol 39, pp. 279-293.

CERTU, DREIF, IAURIF, LET, 2002, *Les péages urbains en Norvège : Oslo et Trondheim*. 39 p.

CUPID D4, 2004, *Evaluation Plan*, Project contract N°: GRD1-1999-10958, Version 8, 31p.

Dargay, J., Gately, D., 1999, Income's effect on car and vehicle ownership, worldwide : 1960-2015, *Transportation Research Part A*, vol 33, p.101-138.

Daunfeldt, S.O., Rudholm, N., Rämme, U., 2009, Congestion charges and retail revenues: Results from the Stockholm road pricing trial, *Transportation Research Part A*, Vol n°43, p.306-309.

De Palma, A. Fontan, C. (2000) *Enquête MADDIF : Multimotif adaptée à la dynamique des comportements de déplacements en Ile-de-France*. Rapport de recherche pour la DRAST. 147 p.

Eliasson, J., 2008, Lessons from the Stockholm congestion charging trial, *Transport Policy*, Volume 15, Issue 6, November 2008, Pages 395-404.

Eliasson, J., 2009, A cost-benefit analysis of the Stockholm congestion charging system, *Transportation Research Part A*, Vol. n°43, p.468-480.

Eliasson, J., Hultkrantz, L., Nerhagen, L., Smidfelt Rosqvist, L., 2009, The Stockholm congestion-charging trial 2006: Overview of effects, *Transportation Research Part A*, Vol n°43, p.240-250.

Eliasson, J., Mattson, L-G., 2006, Equity effects of congestion pricing. Quantitative methodology and a case study for Stockholm, *Transportation Research Part A*, 40, pp.602-620.

Glaister, S., 1986, Bus deregulation, competition and vehicle size, *Journal of Transport Economics and Policy*, 20, 217-244.

Gudmundsson, H., et al., TRIVEKTOR, *The Role of Decision Support in the Implementing Process of the Stockholm Congestion Charges Trial*, présentation lors du colloque, 29.05.07, Stockholm.

HEATCO D5, 2004, *Proposal for harmonised guidelines*, 149p.

Hiselius, L.W, Brundell-Freij, K., Vagland, A., Byström, C., 2007, Changes in public attitudes, opinions, and media related to the Stockholm congestion trial, *Conference on Stockholm road pricing scheme*, 29-30 May 2007, Stockholm, Suède.

Hugosson, M. B., TRIVECTOR, 2007, *The Stockholm trials – congestion charge in Stockholm*, présentation lors du colloque, 30.05.07, Stockholm.

IAURIF, 2008, *Le péage urbain de Stockholm : bilan de l'expérimentation*. Institut d'Aménagement et d'Urbanisation de la Région Ile de France, Paris, 93p.

Ieromonachou, P., Potter, S., Warren, J., 2005, *Comparing Urban Road Pricing and Management Strategies from the UK to Norway*, PIARC Seminar on Road Pricing with emphasis on financing, Regulation and equity, Cancun, Mexique, 11-13 Avril 2005.

Ieromonachou, P., Potter, S., Warren, J.P., 2006, Norway's urban toll rings: Evolving towards congestion charging? *Transport Policy* 13 (2006) 367-378.

Jansson, J.O. (2008), Public transport policy for central(city travel in the light of recent experiences of congestion charging, *Research in Transportation Economics*, Elsevier 179-187.

Karlström, A., Franklin, J.P., 2007, Equity effects of congestion pricing – analysis of morning commutes during the Stockholm trial, *Seminar on implementation of Stockholm congestion charging*, Stockholm, May.

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*, 43 (3), p.297-305, March 2009

Leape, J., 2006. The London congestion charge. *Journal of Economic Perspectives*, Vol 20, N°4, Fall 2006, pp. 157-176.

Mackie, P., 2005, The London congestion charge : a tentative economic appraisal. A comment on the paper by Prud'Homme and Bocarejo, *Transport Policy*, 12, 288-290.

Moran, C., et al., KTH, *Evaluation of SCCT traffic impacts using different definitions and indicators for congestion*, présentation lors du colloque sur les résultats du péage, 29.05.07, Stockholm.

Nash, C., 1988, Integration of public transport: an economic assessment in Dogdson, J.S, Topham, eds, *Bus deregulation and privatisation*, pp.97-118.

Paulley, N., Balcombe, R., Mackett, R., Titheridge, H., Preston, J., Wardman, M., Shires, J., White, P. (2006) The demand for public transport : the effects of fares, quality of service, income and car ownership, *Transport Policy*, 13, pp.295-306.

Prud'homme, R., Bocarejo, J.-P., 2005a, *Le péage de congestion dans le centre de Londres : un essai d'évaluation*. Rapport pour le PREDIT, janvier 2005, 84 p.

Prud'homme, R., Bocarejo, J.-P., 2005b, L'expérience du péage de Londres. *Transports*, mars-avril 2005, pp. 73-81.

Prud'Homme, R., Bocarejo, J-P., 2005, The London congestion charge : a tentative economic appraisal, *Transport Policy*, 1-9.

- Prud'Homme, R., et Kopp, P., 2007, *The Stockholm toll: an economic evaluation*, 48p.
- Prud'Homme, R., Kopp, P., 2007, Le péage de Stockholm : évaluation et enseignements, *Transports*, n°443, mai-juin.
- Quinet, E., 1998, *Principes d'économie des transports*, Economica, Paris, 419 p.
- Ramjerdi, F., 1994, *The Norwegian Experience with Electronic Toll Rings*, Proceedings of the Int'l Technologies in Transportation and Traffic Management Singapore, 18 – 20 May 1994.
- Ramjerdi, F., 1995, *Pricing and Toll Financing with Examples from Oslo and Stockholm*, PhD thesis, KTH/TØI 1995 (8195/1995).
- Ramjerdi, F., Minken, H., Ostmo, K., 2004, Norwegian urban tolls. in Santos, G. (ed) *Road pricing: theory and evidence*. Elsevier, pp. 237-249.
- Raux, C., 2005. Commentaires à propos de l'article « L'expérience du péage de Londres » par R. Prud'homme et J.-P. Bocarejo, *Transports*, mai-juin 2005, pp. 174-178.
- Santos, G., Fraser, G., 2006, Road Pricing: Lessons from London. *Economic Policy*. 21(46): 264-310
- Santos, G., Rojey, L., 2004, Distributional Impacts of Road Pricing: The Truth Behind the Myth. *Transportation*, 31(1): 21-42.
- SIKA, 2002, *Review of cost benefit calculation – Methods and valuations in the transport sector*, SIKA report 2002:4.
- SL, 2007. AB Storstockholms Lokaltrafik, 2007, SL Arsberättelse 2007, 64p.
- Small, K., 2004, Road pricing and public transport, *Research in Transportation Economics*, vol 9, pp.133-158.
- Smidfelt, L., et al (2006), *Changes in travel habits in Stockholm county. Effects of the Stockholm trial*, Trivector Report, 2006, 67p.
- Stockholm's Stad, 2006, *Evaluation of the effects of the Stockholm trial on road traffic*, 81p.
- Stockholmsforsöket, 2006a, *Facts and results from the Stockholm trial*, First version, June, 128p.
- Stockholmsforsöket, 2006b, *Facts and results from the Stockholm trial*, Second version, August, 65p.
- TØI, 2006, *Travel behaviour in Norway*, résumé du rapport 844/2006, 3p.
- TRANSEK, 2006, *Cost Benefit analysis of the Stockholm Trial*, Version n°2006:31, 83p.
- Transport for London, 2001. *Transport statistics for London*, 50p.
- Transport for London, 2003a. *Congestion Charging Central London. Impacts Monitoring - First Annual Report*, June 2003, 120 p.
- Transport for London, 2003b. *Congestion Charging 6 months on*. October 2003. Non paginé.
- Transport for London, 2004. *Congestion Charging Central London. Impacts Monitoring - Second Annual Report*, April 2004, 120 p.
- Transport for London, 2005a. *Central London Congestion Charging Scheme. Impacts Monitoring. Summary Review*. January 2005. 53 p.
- Transport for London, 2005b. *London Congestion Charging Technology Trials*. February 2005. 68 p.

- Transport for London, 2005c. *TfL Service performance data*.
- Transport for London, 2006. *London Travel Report 2006*, Service performance data
- Transport for London, 2007a. *Central London Congestion Charging Scheme: ex-post evaluation of the quantified impacts of the original scheme*. 29 June 2007, 29 p.
- Transport for London, 2007b. *Congestion Charging Central London. Impacts Monitoring - Fifth Annual Report*, July 2007, 279 p.
- Transport for London, 2008. *Congestion Charging Central London. Impacts Monitoring - Sixth Annual Report*, July 2008, 227 p.
- Tretvik, T. (2003) Urban road pricing in Norway: public acceptability and travel behaviour. In: J. Schade and B. Schlag, Editors, *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier, pp. 77–92.
- Wardman, M., 2004, Public transport values of time, *Transport Policy*, 11, pp.363-377.
- White, P, 1990, Bus deregulation: a welfare balance sheet, *Journal of Transport Economics and Policy*, 311-332.
- Winslott Hiselius, L., et al., *Changes in public attitudes, opinions, and media related to the Stockholm congestion trial*, présentation lors du colloque sur les résultats du péage, 29.05.07, Stockholm.

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
1 METHODOLOGIE D’EVALUATION.....	3
1.1 Le modèle de péage de congestion standard	3
1.1.1 Le calcul des paramètres d’application du modèle	5
1.1.1.1 Calcul du temps de parcours et de la vitesse.....	5
1.1.1.2 La fonction d’offre, les coûts.....	5
1.1.1.3 Calcul de la pente de la droite de demande.....	6
1.1.1.4 Tests de sensibilité.....	7
1.2 La question des bénéfices pour les transports collectifs	7
1.2.1 Le modèle d’évaluation des coûts des bus de Prud’Homme et Bocarejo	7
1.2.2 Le modèle de bus de K.Small.....	11
1.2.2.1 Implications du péage de congestion	13
a) Effets directs de l’amélioration de la vitesse sur les coûts.....	13
b) Effets directs de l’augmentation de l’usage des bus sur les coûts	14
c) Effets sur l’équilibre du budget de l’agence.....	14
d) Effets seconds sur l’usage des bus	14
e) Effets de l’utilisation des recettes du péage urbain pour augmenter le service de bus.....	15
1.2.2.2 Bénéfices du péage.....	15
1.2.3 Le calcul du surplus pour les transports collectifs	16
1.3 Le point de vue de la collectivité publique, CMFP, COFP.....	16
2 EVALUATION DU CONGESTION CHARGING DE LONDRES	19
2.1 Le péage de zone de Londres.....	19
2.1.1 Le contexte national et local.....	19
2.1.2 Le fonctionnement du <i>Congestion Charging Scheme</i> du centre de Londres .	20
2.1.3 Les effets du péage.....	21
2.1.4 Comment a été fixé le montant du péage ?	22
2.1.5 L’acceptabilité du péage.....	22
2.2 Les différentes évaluations économiques du péage de Londres.....	23
2.2.1 L’estimation de TfL en 2007	23
<i>L’évaluation des gains de temps et de fiabilité :</i>	29
2.2.2 L’évaluation de Prud’homme et Bocarejo en 2005.....	31
2.3 Analyse critique des évaluations économiques	32

2.3.1	Mise en œuvre du modèle de congestion	33
2.3.2	Une grande sensibilité aux mesures de variations des vitesses	36
2.3.3	Le problème des gains de temps marginaux	37
2.3.4	La prise en compte de la fiabilité des durées de déplacement	37
2.3.5	Le cercle vertueux sur les bus dans le cas de Londres	38
2.3.6	Le surplus des usagers des bus	41
2.3.7	La durée d'amortissement des investissements	42
2.3.8	Synthèse : une évaluation prudente	42
2.4	Les autres impacts du péage de Londres.....	46
2.4.1	Effets distributifs et équité	46
2.4.2	Les effets à moyen terme sur l'économie locale	46
2.5	Quels enseignements retirer du péage de Londres ?.....	47
3	EVALUATION DE LA <i>CONGESTION TAX</i> DE STOCKHOLM	49
3.1	Le péage de Stockholm.....	49
3.2	Aspects méthodologiques	52
3.3	Les différentes évaluations	53
3.3.1	L'estimation de TRANSEK en 2006	54
3.3.2	L'estimation de Prud'homme et Kopp en 2007	57
3.4	Analyse critique des évaluations	60
3.4.1	Une grande sensibilité aux mesures de variations de vitesse	60
3.4.2	La prise en compte de la fiabilité des temps de parcours	62
3.4.3	La prise en compte des variations du nombre d'accidents	63
3.4.4	Le cercle vertueux sur les bus dans le cas de Stockholm	63
3.4.5	Le surplus des usagers des bus	66
3.4.6	La prise en compte du confort dans les TC	67
3.4.7	La prise en compte des coûts d'exploitation	67
3.4.8	La durée des amortissements	68
3.4.9	La prise en compte des CMFP et COFP	69
3.5	Synthèse : un bilan en demi-teinte	69
3.6	Des évaluations ex-ante de l'équité du péage de Stockholm.....	72
4	EVALUATION DU PEAGE D'OSLO	75
4.1	Le contexte national et local	75
4.2	Le péage de cordon d'Oslo	76
4.3	Le fonctionnement du péage de cordon d'Oslo	78
4.4	Le bilan du péage d'Oslo	79

4.5	Les controverses autour du « <i>Oslo Package 3</i> ».....	82
4.6	Conclusions et perspectives	82
CONCLUSION.....		85
REFERENCES.....		89