

Un péage urbain à Paris ?
Une évaluation des effets distributifs de quatre
scénarios

Matthieu Glachant, CERNA, Ecole des mines de Paris¹

Décembre 2005

¹ Matthieu Glachant, CERNA, Ecole des mines de Paris, 60, boulevard St Michel, 75272 Paris cedex 06, matthieu.glachant@ensmp.fr. Ce travail a été soutenu financièrement par la Mission Interministérielle pour l'Effet de Serre dans le cadre du programme de recherche Gestion et Impacts du Changement Climatique (GICC). Par ailleurs, le travail s'appuie sur l'Enquête Générale Transport 2001 pour l'Ile de France. L'auteur remercie Benjamin Bureau pour son assistance dans le traitement des données et la Direction Régionale de l'Équipement d'Ile de France pour la mise à disposition gracieuse de cette base de données avec une mention particulière pour Yoann La Corte.

Un péage urbain à Paris ?

Une évaluation des effets redistributifs de quatre scénarios

Résumé. Les arguments sur l'(in)équité sociale du péage urbain sont récurrents dans le débat public. Cette solution serait régressive en ce sens qu'elle imposerait les coûts les plus élevés aux individus à faibles revenus. A l'aide d'estimations économétriques du choix modal sur un échantillon de 3 300 déplacements domicile-travail en Ile de France, nous simulons l'effet de quatre scénarios de péage urbain pour caractériser la relation entre le revenu des automobilistes concernés et leur surplus. Nous montrons que l'instauration d'un péage urbain de zone réduisant de 20% le trafic, qu'il couvre Paris ou les dix premiers arrondissements, suscite une perte nette pour tous les automobilistes concernés d'environ 1 euro par déplacement. Le niveau de cette perte ne varie pas avec le niveau de revenu. Un péage de zone simple est donc neutre socialement à Paris.

Par rapport à ce scénario de référence, un péage cordon tarifant l'entrée dans Paris présente deux inconvénients : il augmente le niveau de la perte moyenne jusqu'à 1,4 euros, ce qui rend le scénario moins acceptable politiquement, et cette perte est plus élevée pour les bas revenus ; ce péage est donc régressif. Enfin, un péage de zone offrant une exemption partielle de 90% aux résidents comme à Londres est lui aussi régressif. Mais la perte moyenne des automobilistes est plus faible que celle suscitée par un péage de zone simple.

Classification JEL : D63, H23, L91

Mots clé : péage urbain, effets redistributifs, équité sociale.

Introduction

Le succès du péage de Londres mis en place en mars 2003 a modifié le regard des décideurs sur le péage urbain en France. La solution est maintenant envisageable pour réduire la congestion urbaine même si le cadre juridique empêche encore sa mise en œuvre. A ceux, notamment économistes, qui promeuvent cette solution en raison de son efficacité économique, on oppose souvent un argument sur l'équité d'un dispositif qui concentrerait les coûts sur les individus ayant de bas revenus. Cet argument s'appuie sur le raisonnement suivant. Pour les automobilistes concernés par le péage et, en prenant comme référence le statu quo ante, un péage suscite un gain sous la forme d'un temps de trajet automobile réduit du fait de la réduction de la congestion et une perte égale au coût financier du péage. Le péage urbain serait alors régressif pour deux raisons. Tout d'abord, le gain est plus fortement valorisé par les individus à hauts revenus. En effet, la valeur du temps est corrélée positivement au niveau de revenu. Quant à la perte, un même niveau de tarif affecte plus les individus à faibles revenus du fait du caractère décroissant de l'utilité marginale du revenu. Au final, les plus pauvres - valorisant moins le temps gagné et davantage la perte financière - ont beaucoup plus de chance de perdre que les riches.

Cette analyse présente plusieurs limites. Tout d'abord, elle ne concerne que la sous-population des automobilistes qui circulaient dans l'espace tarifée avant l'introduction du péage. Or, ces automobilistes ont en moyenne un revenu nettement plus élevé que les autres usagers du transport. De plus, même au sein de la population des automobilistes, le raisonnement décrit plus haut ne s'applique qu'à ceux restant sur la route après l'introduction du péage. Or une partie d'entre eux va abandonner la voiture pour les transports collectifs et leur perte n'aura alors rien à voir avec la réduction du temps de trajet induit par le péage ou avec le tarif payé. Enfin, l'argument néglige l'effet distributif de la recette du péage. Or, le caractère éventuellement régressif d'un péage va centralement dépendre de l'usage qui sera fait de cette recette. Il est tout à fait possible de concevoir, au moins en théorie, un péage socialement progressif. Il suffit de distribuer le surplus collectif aux plus pauvres à travers une utilisation adéquate du revenu du péage.

Sur la base de ces arguments, le point de départ de cet article est qu'il n'existe pas de réponse générale à la question de la régressivité du péage. Tout va dépendre de la forme du péage et de la manière dont sera utilisée la recette. Dans cette perspective, la démarche pertinente consiste à comparer les effets redistributifs de différents scénarios de péage. Cet

article met en œuvre cette démarche sur Paris en s'appuyant sur les données de l'Enquête Générale Transport de 2001. Pour des raisons liées à l'hétérogénéité des méthodologies à employer pour traiter les deux questions, nous nous limitons à l'évaluation de la redistribution au sein de la population des automobilistes et évacuons la question, très importante, des effets de la recette du péage. En tout état de cause, la question des effets redistributifs de la recette du péage est séparable analytiquement de la question traitée dans cet article. Le lecteur intéressé par cet aspect peut se référer à un rapport récemment publié (Glachant, Bureau, 2004).

Nous étudions quatre scénarios : un péage de zone couvrant l'ensemble de Paris, un péage de zone limité aux dix premiers arrondissements, un péage cordon tarifant l'entrée dans Paris et un péage de zone sur Paris exemptant partiellement les résidents.

Il existe peu d'études empiriques sur les effets redistributifs du péage urbain alors que les études théoriques abondent (par exemple, Layard, 1977 ; Arnott et al., 1994). Raux et Souche (2004) ont simulé les effets redistributifs du péage TEO à Lyon en concluant sur le caractère peu équitable de cette expérience. Leur analyse porte à la fois sur l'équité sociale mais aussi sur l'équité horizontale (l'usager paye un montant correspondant à son niveau d'usage) et l'équité spatiale (la garantie d'accès aux agglomérations). Teubel (2004) estime à l'aide de méthodes économétriques les effets redistributifs d'un péage urbain des automobilistes de la ville de Dresde et conclut lui aussi en faveur de la régressivité. Ces deux études analysent une forme particulière de péage (un péage d'axe à Lyon avec un tarif forfaitaire à l'accès, un péage de zone à Dresde avec un paiement au kilomètre parcouru).

L'étude empirique de Verhoef, Nijkamp et Rietveld (1997) a une perspective légèrement différente. Elle exploite un échantillon d'automobilistes de la ville de Ranstadt aux Pays-Bas qui ont été sondés sur leur opinion en matière de péage et sur leurs consentements à payer pour des gains de temps. A l'aide d'une analyse récursive, l'article apporte des réponses variées à la question, plus générale que celle des effets redistributifs, de l'acceptabilité du péage.

Ces publications n'analysent pas différentes formes du péage et l'effet de ces variations sur les effets redistributifs ; elles n'apportent qu'une réponse valable pour le scénario étudié. C'est à ce niveau que se situe l'originalité de notre projet. Nous cherchons à évaluer les effets redistributifs comparés de différentes formules de péage.

L'article est structuré de la manière suivante. Une première partie développe une analyse microéconomique simple du choix modal qui servira de base aux estimations économétriques. Dans une seconde partie, nous présentons le modèle économétrique utilisé puis les résultats sont présentés dans une troisième partie avant de conclure.

1 Un modèle théorique simple de choix modal

L'objectif de cette partie est de développer un modèle théorique simple du choix modal d'individus devant se déplacer. Nous utiliserons plus loin ce modèle pour simuler l'effet de différents scénarios de tarification de la circulation urbaine sur le report modal.

Considérons une population de n individus, indicés i , $i = 1, \dots, n$, souhaitant se déplacer. L'individu i effectue son choix de déplacement en maximisant son utilité. En toute généralité, cette utilité est égale à la différence entre le bénéfice du déplacement - lié au motif du

déplacement, aller au travail par exemple - et le coût ou la désutilité du transport qui comporte lui-même deux composantes principales : le temps perdu lors du déplacement et le coût monétaire du déplacement (coût des titres de transport en commun, coût de la voiture). Pour simplifier, nous posons l'hypothèse que l'individu est obligé de se déplacer, par exemple pour aller au travail ou à l'université. Cette hypothèse nous permet de se concentrer sur les seuls coûts du déplacement. Elle nous conduira à ne réaliser les estimations économétriques que sur les seuls individus effectuant des trajets domicile-travail ou travail-domicile.

Pour se déplacer, l'individu i a le choix entre deux options : prendre sa voiture ou utiliser les transports en commun. Il choisit alors la solution lui imposant la désutilité la plus faible. Nous choisissons une spécification linéaire des fonctions de désutilité. Il compare donc :

$$V_{VP}^i = \lambda \cdot T_{VP}^i(\alpha) + C_{VP}^i + \alpha \cdot p \quad (1)$$

$$V_{TC}^i = \lambda \cdot T_{TC}^i + C_{TC}^i \quad (2)$$

Dans ces deux équations, les indices VP et TC décrivent respectivement l'option "prendre sa voiture" et l'option "prendre les transports en commun". Le coût du temps perdu est reflété par le produit $\lambda \cdot T$ qui décrit la valeur du temps perdu avec T , la durée du trajet et λ , la valeur unitaire du temps. La durée du trajet en voiture dépend de α qui est une variable binaire indiquant la présence d'un péage. Sa valeur est égale à 1 si il y a péage, 0 autrement. Comme le péage fluidifie le trafic, on a bien sûr $T_{VP}(1) < T_{VP}(0)$. C décrit le coût monétaire de l'option. Pour l'option VP , s'ajoute à la désutilité le coût monétaire du péage αp , avec p le montant du péage.

Sous ces hypothèses, l'individu se déplace en automobile en l'absence de péage ($\alpha = 0$) si :

$$\begin{aligned} \Delta V^i(\alpha = 0) &= V_{TC}^i - V_{VP}^i \\ &= \lambda \cdot (T_{TC}^i - T_{VP}^i(0)) - (C_{VP}^i - C_{TC}^i) \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Intuitivement, il choisira la voiture si le temps gagné en utilisant la voiture fournit un bénéfice supérieur au surcoût de l'usage de l'automobile $(C_{VP} - C_{TC})$.² On retrouve l'arbitrage suggéré par toutes les études entre temps gagné - car circuler en automobile est plus rapide - et coût monétaire - car la voiture coûte plus cher que les transports en commun. Par rapport aux usagers du transport en commun, les automobilistes tendent donc à être des individus à forte valeur du temps (λ élevé) et dont le coût relatif de la voiture est faible (par exemple parce que l'accessibilité aux transports collectifs est médiocre).

Après l'instauration d'un péage ($\alpha = 1$), l'individu reste un automobiliste si :

$$\Delta V^i(\alpha = 1) = \lambda \cdot (T_{TC}^i - T_{VP}^i(\alpha = 1)) - (C_{VP}^i - C_{TC}^i) \geq 0 \quad (4)$$

Avant d'aller plus loin, il convient d'explicitier les hypothèses sur lesquelles reposent cette modélisation. Primo, nous négligeons les effets liés à l'utilité marginale décroissante du revenu. C'est une hypothèse qui peut poser problème mais la spécification économétrique présentée plus loin inclut le revenu comme variable croisée. Secundo, nous supposons que, face à un péage, l'automobiliste ne dispose que de 2 options : rester sur la chaussée ou opter

² Dans la pratique, la vitesse de déplacement est la plupart du temps supérieure en voiture. On a donc généralement $T_{VP} < T_{TC}$. Mais d'autre part, le coût de la voiture est plus élevé que le coût de l'option transport en commun : $C_{VP} > C_{TC}$.

pour un déplacement en transport collectif. Nous négligeons ainsi au moins trois autres possibilités : (i) s'abstenir de se déplacer, (ii) modifier son heure de départ et (iii) changer d'itinéraire pour éviter la zone tarifée. Ecarter la première option ne soulève pas de difficultés particulières car nous avons estimé le choix modal des seuls usagers se rendant ou revenant du travail. Il est difficile d'imaginer qu'ils cessent de se déplacer. La seconde option est a priori peu pertinente dans notre cas pour deux raisons. Primo, nous nous concentrons sur des déplacements domicile - travail peu flexibles. Secundo, cette option serait intéressante si modifier l'heure de déplacement permet d'éviter le paiement du péage. Or nous supposons que le péage est payé par tous quel que soit son heure de déplacement.³ Négliger la troisième option est sans doute plus problématique. La lever exigerait de combiner notre modèle économétrique avec un modèle de trafic sophistiqué.

Notre évaluation du péage porte sur les individus circulant sur la chaussée avant l'introduction du péage, c'est à dire ceux pour qui $\Delta V^i(\alpha = 0) \geq 0$. Les équations (3) et (4) nous permettent de calculer le surplus de ces automobilistes en cas de péage. Comme les fonctions sont linéaires, nous pouvons utiliser indifféremment une mesure de la variation compensatrice ou de la variation équivalente. Le surplus de l'automobiliste i va dépendre du choix effectué suite à l'instauration du péage :

- S'il opte pour le transport collectif car la désutilité de la voiture est supérieure à la désutilité liée à l'usage des transports en commun [$\Delta V^i(\alpha = 1) < 0$]. Le péage a alors suscité une variation équivalente R^i égal à

$$R^i = V_{VP}^i(0) - V_{TC}^i = -\Delta V^i(\alpha = 0) \quad (5)$$

On remarque que $R^i < 0$. Le surplus est toujours négatif puisque cet individu préférerait la voiture avant l'instauration du péage ce qui implique nécessairement $V_{VP}(0) > V_{TC}$ (cf. l'équation (3)). L'ampleur de la perte dépend de la valeur du temps mais dans un sens inattendu : plus la valeur du temps est importante, plus la perte de temps induite par le report sur les TC est faible. Nous verrons par la suite que ce phénomène a des conséquences importantes sur les effets redistributifs du péage urbain.

- L'automobiliste choisit de continuer à utiliser sa voiture [$\Delta V^i(\alpha = 1) \geq 0$]. Le gain net lié à l'instauration du péage est alors égal à :

$$\begin{aligned} R^i &= V_{VP}^i(\alpha = 0) - V_{VP}^i(\alpha = 1) = \Delta V^i(\alpha = 1) - \Delta V^i(\alpha = 0) \\ &= \lambda \cdot [T_{VP}^i(0) - T_{VP}^i(1)] - p \end{aligned} \quad (6)$$

Cette différence sera positive ou négative selon le niveau p du péage et la valeur du temps. Plus précisément, ceux qui ont des valeurs du temps élevé (λ élevé) ont plus de chance de gagner que les autres. Ainsi pour ceux qui décident de continuer à utiliser leur voiture, le péage est régressif en ce sens que la perte augmente quand le revenu baisse, compte tenu de la corrélation positive entre valeur du temps et niveau de revenu. C'est le raisonnement traditionnel que nous avons rappelé en introduction.

³ Dans la pratique comme à Londres, le péage n'est acquitté que sur la période diurne. Mais cela ne concerne que peu de déplacements réguliers.

Dans la suite, ces fonctions R^i représentant les variations de surplus individuel seront estimées économétriquement pour identifier les effets distributifs des différents scénarios.

2 Aspects économétriques

2.1 Spécification économétrique du choix modal

La spécification économétrique linéaire traduisant le plus directement l'équation (3) s'écrit :

$$\begin{aligned} \Delta V^i(\alpha) = & \beta_0 + \beta_1 (C_{TC}^i - C_{VP}^i - \alpha p) \\ & + \beta_2 (T_{TC}^i - T_{VP}^i(\alpha)) + \beta_3 \cdot X^i + \varepsilon \end{aligned} \quad (7)$$

Dans l'équation (7), nous avons conservé les notations précédentes auxquelles nous ajoutons les paramètres à estimer économétriquement β_i et un vecteur de variables de contrôle X que nous décrirons plus loin. Enfin ε est un terme aléatoire centré sur 0 avec une distribution normale qui capture l'hétérogénéité non observée des individus.

La base EGT 2001 nous décrit les choix individuels entre automobiles et transports collectifs dans un contexte *sans péage*. Nous substituons $\alpha = 0$ dans l'équation (7) et nous posons $DC = C_{TC} - C_V$ et $DT = T_{TC} - T_{VP}(\alpha = 0)$ pour alléger les notations. Les automobilistes observés dans la base sont donc ceux pour lesquels :

$$\begin{aligned} \Delta V^i(\alpha = 0) = & \beta_0 + \beta_1 \cdot DC^i \\ & + \beta_2 \cdot DT^i + \beta_3 \cdot Z^i + \tau \geq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Cette spécification pose un problème majeur. En matière d'effets distributifs, l'hétérogénéité des individus est cruciale. En particulier, nous avons souligné plus haut l'importance des différences inter-individuelles de valeur du temps. Or l'équation (8) fait l'hypothèse que les automobilistes ont tous la même valeur du temps. En effet, cette valeur est par définition égale à ce qu'est prêt à payer monétairement un individu pour gagner une unité de temps, ce qui s'écrit en utilisant l'équation (8) :

$$\lambda^i = \frac{\partial \Delta V^i / \partial T^i}{\partial \Delta V^i / \partial C^i} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$$

Estimer l'équation (8) sur l'ensemble des observations conduirait à faire l'hypothèse que β_1 et β_2 sont identiques pour tous les individus. Pour relâcher cette hypothèse d'homogénéité des valeurs du temps, nous allons utiliser une spécification modifiée qui repose sur une discrimination des individus avec les trois variables suivantes :

- FEMME = 1 si l'individu est une femme, 0 sinon.
- ACTIF = 1 si l'individu est actif, 0 sinon.
- REVENU2500 = 1 si le revenu du ménage auquel appartient l'individu est inférieur à 2500 euros mensuels, 0 sinon.

Ces variables sont sélectionnées à cause de l'influence qu'elles exercent sur les valeurs du temps selon les études existantes (voir par exemple Teubel, 2000). Nous intégrons alors ces variables dans l'équation du choix modal sous la forme de variables d'interaction avec DT et DC :

$$\begin{aligned} \Delta V (\alpha = 0) = & \beta_0 + \beta_1 DC^i + \beta_2 (DC^i \cdot FEMME^i) \\ & + \beta_3 (DC^i \cdot REVENU2500^i) + \beta_4 DT^i + \beta_5 (DT^i \cdot FEMME^i) \\ & + \beta_6 (DT^i \cdot REVENU2500^i) + \beta_7 Z^i + \tau \geq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Avec cette nouvelle spécification, la valeur du temps s'écrit alors :

$$\lambda^i = \frac{\beta_4 + \beta_5 FEMME^i + \beta_6 REVENU2500^i}{\beta_1 + \beta_2 FEMME^i + \beta_3 REVENU2500^i}$$

La méthode s'organise alors en quatre étapes :

- Nous estimons économétriquement les paramètres de l'équation (9) sur la base EGT-2001 à l'aide d'un modèle logit.
- Les paramètres ainsi estimés $\hat{\beta}_i$ permettent de calculer l'utilité latente du choix modal de chaque individu, $\Delta \hat{V}^i(\alpha = 0)$.
- Nous calculons l'effet du péage sur les temps de trajets en voiture $T_{VP}^i(\alpha = 1)$ via une fonction débit-vitesse qui lie le niveau de trafic avec la vitesse de déplacement.
- Nous utilisons les paramètres estimés $\hat{\beta}_i$ et le temps de trajet estimé $\hat{T}_{VP}^i(\alpha = 1)$ pour prédire l'utilité $\Delta \hat{V}^i(\alpha = 1)$ des individus après l'instauration du péage dans le cas où ils restent sur la route.

A l'issue de cette procédure, nous disposons pour chaque individu d'une estimation de leur utilité relative avec ou sans péage : $\Delta \hat{V}^i(\alpha = 1)$ et $\Delta \hat{V}^i(\alpha = 0)$ qui nous permettent de calculer les surplus des individus liés à l'introduction du péage \hat{R}^i :

$$\hat{R}^i = \begin{cases} \frac{1}{\beta_c^i} [\Delta \hat{V}^i(\alpha = 1) - \Delta \hat{V}^i(\alpha = 0)], & \text{si } \Delta \hat{V}^i(\alpha = 1) \geq 0 \\ -\frac{1}{\beta_c^i} [\Delta \hat{V}^i(\alpha = 0)], & \text{autrement} \end{cases}$$

avec $\beta_c^i = \beta_1 + \beta_2 FEMME^i + \beta_3 REVENU2500^i$.

2.2. Estimation du choix modal

Les paramètres β_i sont estimés à l'aide d'un modèle logit en se limitant aux déplacements des individus utilisant la voiture ou les transports collectifs. Nous excluons donc les déplacements en vélo ou à pied considérant que les péages relevaient d'une alternative voiture versus transport collectif. Par ailleurs, comme nous l'avons déjà signalé, nous nous cantonnons à l'estimation du choix modal des déplacements domicile-travail et travail-domicile. L'estimation économétrique de la fonction d'utilité des usagers se déplaçant pour un motif non régulier (faire des courses, sortir au cinéma) pose traditionnellement des problèmes en économie du transport car les équations économétriques ne permettent pas de prendre en compte les facteurs hétérogènes motivant ces déplacements. En outre, nous ne conservons que les individus possédant au moins une voiture. Au final, nos estimations sont effectuées sur un échantillon d'environ 3 300 déplacements.

Par ailleurs, nous avons été confrontés à quelques difficultés pratiques. La première est que nous ne disposons pas des valeurs de T_{VP} pour les individus ayant choisi les transports collectifs et, symétriquement nous n'avons pas celle de T_{TC} pour les automobilistes. En effet, seul est observé dans la base EGT le temps du déplacement effectué et pas celui du déplacement sur le même parcours avec le mode de transport alternatif. Pour régler ce problème, nous avons développé une méthode simple de matching dont le principe est le suivant : pour un individu i , nous avons identifié les individus ayant effectué le même trajet Origine-Destination sur le même créneau horaire mais avec le mode alternatif. Nous avons alors calculé la vitesse moyenne de trajet de ces individus et avons affecté cette vitesse à l'individu i . Pour estimer les coûts C_{VP} et C_{TC} , nous utilisons des données générales (prix du ticket de métro, coût kilométrique de la voiture, etc.). Les détails de ces deux procédures sont disponibles auprès de l'auteur.

Enfin, nous utilisons des variables de contrôle classiquement utilisées dans ce type d'analyse (voir par exemple Teubel, 2000). Les variables finalement retenues sont :

- EFFECTIF_MENAGE décrivant le nombre de membres du ménage de l'individu effectuant le déplacement
- NB_VOITURES décrivant le nombre de voitures dans le ménage
- AGE35_50 = 1 si l'individu a entre 35 et 50 ans, 0 sinon
- OD₁ qui sont un jeu de variables binaires décrivant la zone de carte orange d'origine et de destination du déplacement.

Le Tableau 1 présente les statistiques descriptives principales de l'échantillon et des variables utilisées pour l'estimation et pour la répartition des individus dans les différents groupes à valeur du temps homogène. On observe par exemple que les automobilistes représentent environ 57 % de l'échantillon, que les trajets en voiture ont une durée plus faible de 6,74 minutes ou que les femmes sont minoritaires (42 %).

Tableau 1 : Statistiques descriptives de l'échantillon utilisé

Variable	Définition	Nb observations	Moyenne	Ecart-type
VP	= 1 si choix voiture, 0 si usage des TC	3 302	0,57	0,496
$DT = T_{TC} - T_{VP}$	Différence temps trajet TC voiture (en minutes)	3 282	6,74	114,9
$DC = C_{TC} - C_{VP}$	Différence coût TC voiture (en euros)	3 297	-3,79	4,13
FEMME	= 1 si l'individu est une femme, 0 sinon	3 302	0,42	0,499
REVENU PAR TETE	Euros par an	2 789	23 480	
REVENU2500	= 1 si revenu mensuel >2500 euros	3 302	0,33	0,490
AGE35_50	= 1 si age compris entre 35 et 50 ans, 0 sinon	3 299	0,44	0,484
EFFECTIF_MENAGE	Nb d'individus dans le ménage	3 302	2,94	1,56
NB_VOITURES	Nb de voitures dans le ménage	3 080	1,49	0,83

Les résultats de l'estimation sont présentés en annexe. Le modèle est satisfaisant puisqu'il explique une bonne partie de la variabilité de l'échantillon (pseudo R² de McFadden de 0.43). Il fournit des prédictions exactes des choix modaux dans environ 81% des cas. Par ailleurs, les coefficients ne présentent pas de signes absurdes. Par exemple, la propension à prendre sa voiture augmente bien quand la différence de coût entre les TC et la voiture diminue. Le modèle peut donc être utilisé pour simuler les effets distributifs.

Le Tableau 2 rassemble les valeurs du temps des différents groupes d'utilisateurs. On observe que, toutes choses égales par ailleurs, les hommes, les actifs et les hauts revenus ont des valeurs du temps plus élevées. Les différences sont significatives ce qui justifie a posteriori la spécification utilisée.

Tableau 2 : Estimation logit de Pr(VP=1)

Groupe	Nombre d'observations	Valeur du temps (Euros/h)
FEMME:		
Revenu mensuel < 2500 euros	446	7,0
Revenu mensuel \geq 2500 euros	925	8,1
HOMME:		
Revenu mensuel < 2500 euros	620	9,6
Revenu mensuel \geq 2500 euros	1 311	11,7
McFadden pseudo R2 = 0.43		
81% de prédictions exactes du choix modal		

2.3 Estimation du temps gagné grâce au péage

Ce temps est calculé à l'aide d'une fonction trafic-vitesse estimée économétriquement sur un échantillon qui décrit les niveaux de trafic et les vitesses dans 19 tranches horaires de déplacements. Pour chaque tranche, nous calculons le trafic total automobile dans Paris intra muros et la vitesse moyenne des déplacements internes à Paris. La régression du logarithme du trafic⁴ sur la vitesse en mètre par minute présente un R2 de 0.62 et nous fournit l'équation suivante :

$$VITESSE = -38.5 \cdot \ln TRAFIC + 321$$

Nous utilisons cette équation pour calculer les gains de temps en effectuant deux hypothèses simplificatrices : (i) les automobilistes circulant partiellement dans la zone, c.à.d. dont l'origine ou la destination est hors de la zone effectue une distance correspondant à la moyenne des distances effectuées par ceux se déplaçant uniquement à l'intérieur de la zone (soit 3170 mètres pour Paris intra Muros) ; (ii) la diminution de trafic induite par le péage est égale à la diminution prédite chez les automobilistes réguliers, ce qui revient à faire l'hypothèse que les automobilistes non réguliers se comportent globalement comme les automobilistes réguliers. La première hypothèse est nécessaire car la base EGT2001 ne décrit pas la longueur de la partie du déplacement effectuée dans Paris. La seconde est nécessaire car nous n'estimons que le choix modal des usagers réguliers.

3 Les résultats

Les quatre scénarios sont décrits dans le Tableau 4. Nous étudions deux péages de zone qui tarifient l'accès à une zone ou la circulation dans (i) *zone Paris* qui couvre toute la ville et (ii) *zone Paris 10* qui couvre les dix premiers arrondissements de Paris, ce qui correspond

⁴ Attention, il ne s'agit que du trafic total observé dans la base EGT 2001, c.à.d. le trafic lié aux seuls déplacements individuels (ce qui exclut en particulier le trafic de livraison, de transport de marchandise, etc.)

approximativement à la dimension du célèbre péage londonien (21 km² à Londres contre 23 km² pour *zone Paris 10*). Un péage *cordon Paris* couvrant l'ensemble de Paris intra muros est également analysé. Par rapport au péage *zone Paris*, le péage *cordon* n'est acquitté que par les automobilistes entrant dans Paris.⁵ Enfin, nous considérons une variante du péage *zone Paris* dans laquelle les automobilistes parisiens ne payent que 10% du montant du péage comme à Londres.

Pour permettre leur comparaison, nous les normalisons pour qu'ils réalisent tous un niveau de réduction de trafic identique de 20%. Le Tableau 3 indique le niveau du tarif permettant d'induire cette diminution d'après nos estimations. On observe ainsi que le péage *zone Paris* doit être fixé à 2,80 euros alors que le péage *zone Paris 10* exige un tarif de 2,45 euros. Cela semble indiquer qu'il est plus facile d'opter pour les transports en commun pour les automobilistes circulant dans l'hyper-centre de Paris. Le péage *cordon Paris* inclut logiquement un tarif beaucoup plus élevé (4,40 euros) puisque seuls payent les automobilistes entrant dans Paris. Selon la même logique, le tarif de base nécessaire pour obtenir une réduction de trafic de 20% est plus élevé que celui du péage *zone Paris* quand on exempte partiellement les résidents (4,80 euros contre 2,80 euros).

Tableau 3 : Description des quatre scénarios : définition, trafic concerné et niveau du péage permettant une diminution du trafic automobile régulier de 20%

Péage	Définition	Trafic dans la zone* x 1000 déplacements	% trafic régulier tarifé	Péage journalier (euros)
zone Paris	Est tarifée la circulation dans ou à travers Paris	2 420	100 %	2,80
zone Paris 10	Est tarifée la circulation dans ou à travers les 10 1ers arrondissements	574	100 %	2,45
cordon Paris	Est tarifée la circulation entrante dans Paris	2 420	85 %	4,40
Zone Paris + exemption résidents	Réduction de 90% pour les résidents de Paris intra muros	2 420	100% (41% de résidents)	4,80

* Ce nombre décrit les déplacements individuels par jour qu'ils soient réguliers ou non, et en voiture particulière ou en véhicule utilitaire.

Comparaison des péages *zone Paris* et *zone Paris 10*

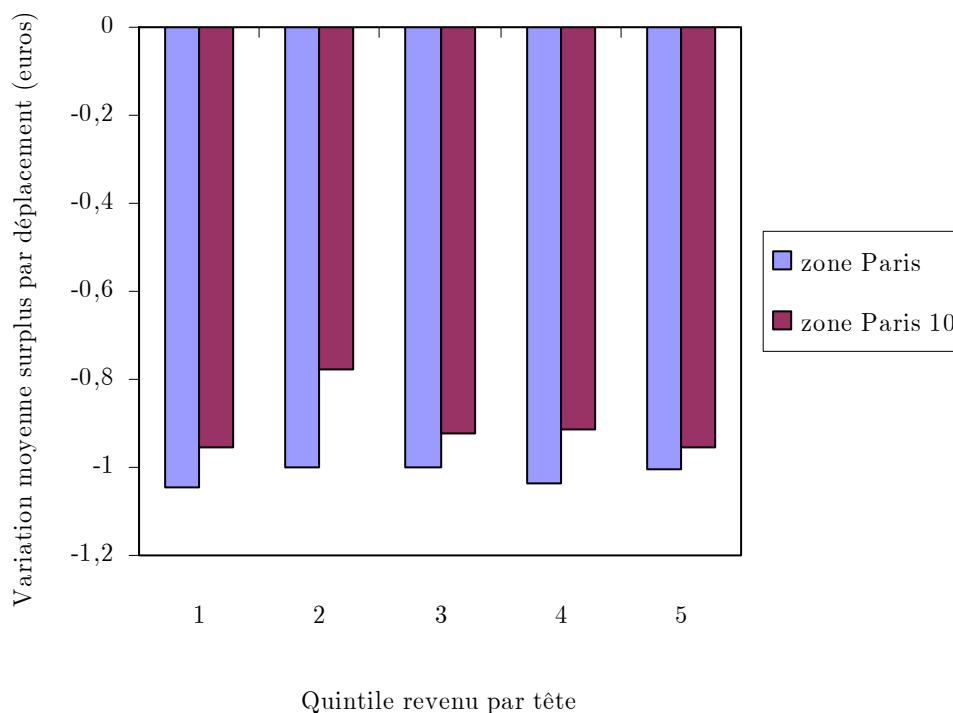
Nous entamons la présentation des résultats en comparant dans un premier temps deux péages de zone de dimension différente : *zone Paris* et *zone Paris 10*. La Figure 1 représente

⁵ Il est également possible de ne faire payer que ceux qui sortent de la zone. On parle alors de *cordon "sortant"*.

la moyenne de la variation de surplus individuel journalier en euros lié à l'instauration du péage par quintile de revenu par tête. Le quintile 1 rassemble les 20% d'individus ayant le revenu par tête le plus faible alors que le quintile 2 rassemble les 20% au revenu par tête le plus élevé, etc.

Ce graphique permet plusieurs commentaires. Tout d'abord, quel que soit le quintile de revenu, la variation de surplus est négative. Ainsi, les automobilistes perdent globalement lors de l'instauration d'un péage. Ce premier résultat n'est pas surprenant quand on se réfère aux valeurs du temps présentées dans le Tableau 2. Au maximum, elles atteignent environ 12 euros par heure. A ce niveau, un péage de l'ordre de 3 euros doit alors faire gagner environ 15 minutes de trajet pour juste compenser le prix du péage. Ce gain de temps est impossible dans des zones tarifées de petite taille comme le sont les péages *zone Paris* ou de *zone Paris 10* compte tenu de la durée des déplacements qui y sont effectués (22 minutes en moyenne dans Paris intra muros).⁶

Graphique 1 : Moyenne de la variation de surplus individuel par quintile de revenu par tête (euros/déplacement) lié à l'instauration des péages *zone Paris* et *zone Paris 10*.



Le second résultat est que le niveau des pertes individuelles est légèrement plus faible dans un péage *zone Paris 10*. Une explication possible est que dans l'hyper-centre de Paris, le report modal sur les transports collectifs est une solution moins coûteuse qu'ailleurs (à cause de la densité du réseau ou de la proportion plus importante de trajet court). Une seconde explication est que la valeur du temps de ceux qui circulent dans les 10 1ers arrondissements

⁶ Le fait que les surplus individuels des automobilistes soient négatifs ne signifie pas pour autant que le péage est économiquement inefficace. En effet, dans un bilan général, le coût financier n'est pas comptabilisé puisqu'il s'agit d'un transfert (en l'occurrence, des automobilistes vers ceux qui bénéficieront de la recette du péage).

est plus élevée que la moyenne des automobilistes de Paris car ils sont, toutes choses égales par ailleurs, plus riches. Ils valorisent donc plus la réduction de la congestion.

Considérons maintenant les effets redistributifs entre classes de revenu par tête. D'un point de vue plus global, le Graphique 1 montre que la perte moyenne de chaque quintile varie dans un intervalle assez restreint : 1,00 à 1,04 euros pour le péage *zone Paris* et 0,77 à 0,96 euros pour *zone Paris 10*. Cela signifie que la redistribution opérée par le péage est finalement modeste.

Cette redistribution est-elle régressive ou progressive ? Rappelons qu'un péage est régressif si les riches perdent moins que les pauvres. Le Graphique 1 montre que la variation de surplus est semblable pour tous les quintiles. En d'autres termes, les deux scénarios sont à peu près neutres. La seule exception est constituée par les individus du quintile 2 qui perdent moins que les autres dans le scénario *zone Paris 10*. Nous reviendrons plus loin sur l'interprétation de cette exception.

Ce résultat de neutralité des péages de zone peut paraître contre-intuitif. Nous avons développé en introduction le raisonnement habituel selon lequel les individus à haut revenu – et donc à fortes valeurs du temps - tendaient à valoriser plus fortement la réduction de la congestion. Ce raisonnement ne s'applique qu'aux automobilistes restant sur la chaussée, c'est à dire à 80% de l'effectif. Mais il ne s'applique pas au 20% qui abandonne leur voiture au profit des transports en commun. Le Tableau 4 décrit les variations de surplus et le revenu moyen de ces deux groupes dans le cas du scénario *zone Paris*. On constate alors que les pertes des 20% qui abandonnent leur voiture sont plus faibles que celles des automobilistes restant sur la chaussée et que leur revenu moyen est plus faible. Ainsi, si le péage est régressif à l'intérieur du groupe restant automobilistes, la redistribution entre les deux groupes est progressive. Le Graphique 1 montre que ces deux effets se compensent globalement.

Tableau 4 : Moyennes de la variation de surplus individuel et du revenu par tête de différents groupes d'automobilistes (scénario *zone Paris*)

	Moyenne variation surplus par déplacement (euros)	Revenu annuel par tête moyen (euros)
Automobilistes restant sur la chaussée après instauration du péage	-1,12	30 240
Automobilistes optant pour les transports en commun	-0,58	24 254

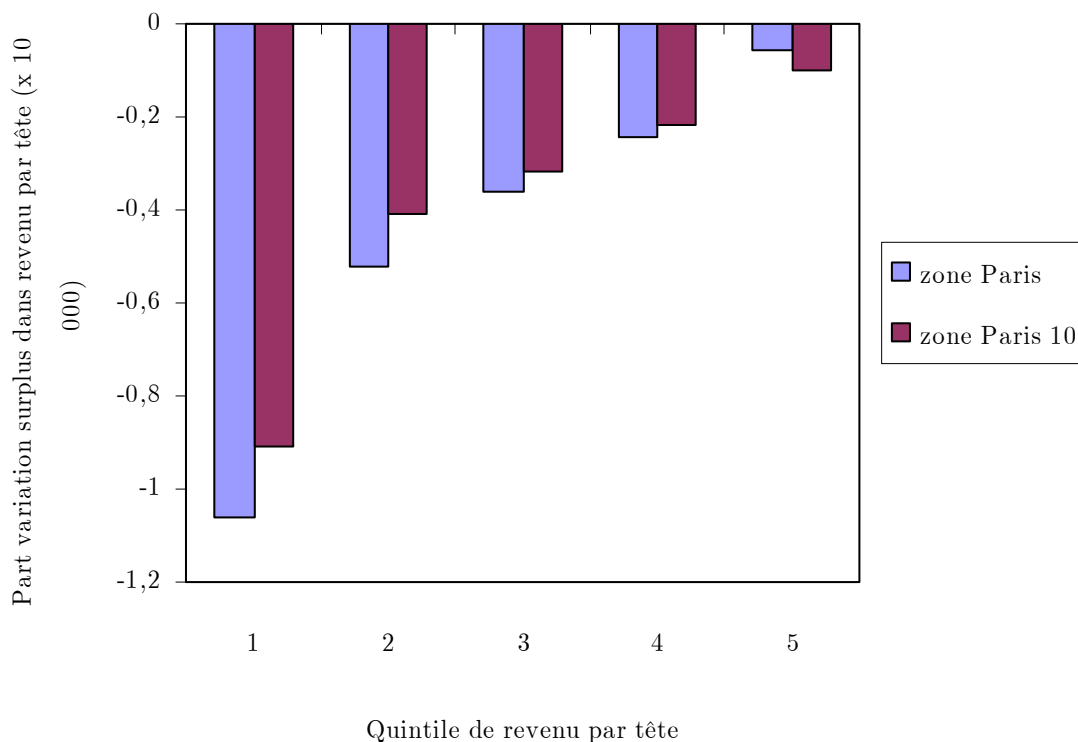
Revenons maintenant à l'exception des individus du quintile 2 qui, dans le scénario *zone Paris 10*, perdent moins que les individus des autres quintiles. Elle peut avoir pour origine le fait, que nous venons juste d'évoquer, que les automobilistes abandonnant leur voiture sont des perdants plus modérés que ceux restant dans leur voiture. Or, ces automobilistes appartiennent plutôt aux classes moyennes. Pourquoi ? Car, en comparaison des automobilistes plus pauvres, les automobilistes des classes moyennes ont plus de facilité à

échapper à l'automobile dans la mesure où ils résident dans des zones mieux desservies par les transports en commun. Quant aux automobilistes à revenu élevé, leur valeur du temps est plus importante ce qui les rend plus réticents que les automobilistes à revenu intermédiaire à abandonner un mode de transport qui est, en moyenne, plus rapide que les transports en commun.

Les résultats évoluent si l'on raisonne en gain relatif, c'est à dire en pourcentage du revenu. Dans cette optique, le Graphique 2 représente la variation de surplus individuel divisée par le revenu par tête, toujours pour différents quintiles de revenu. La relation entre surplus relatif et revenu est cette fois clairement croissante. En termes relatifs, le péage est régressif. Ce n'est pas une surprise. Si un péage est neutre en termes absolus, il ne peut être que régressif en termes relatifs.

Terminons cette discussion en comparant les péages *zone Paris* et *zone Paris 10*. La forme de la relation entre variation de surplus et niveau de revenu est la même dans les deux cas que le surplus soit exprimé en absolu ou en relatif. On peut toutefois différencier les deux scénarios si l'on adopte une conception de l'équité sociale rawlsienne qui se concentre sur la situation des individus ayant les revenus les plus faibles. Cette perspective invite à se concentrer sur le sort des individus du premier quintile. Or, de ce point de vue, les deux scénarios divergent. En termes absolus ou relatifs, le scénario *zone Paris 10* est légèrement plus équitable puisque la perte des plus pauvres est légèrement plus faible.

Graphique 2 : Part moyenne de la variation de surplus individuel dans le revenu par tête par quintile de revenu par tête (péage *zone Paris* et *zone Paris 10*)



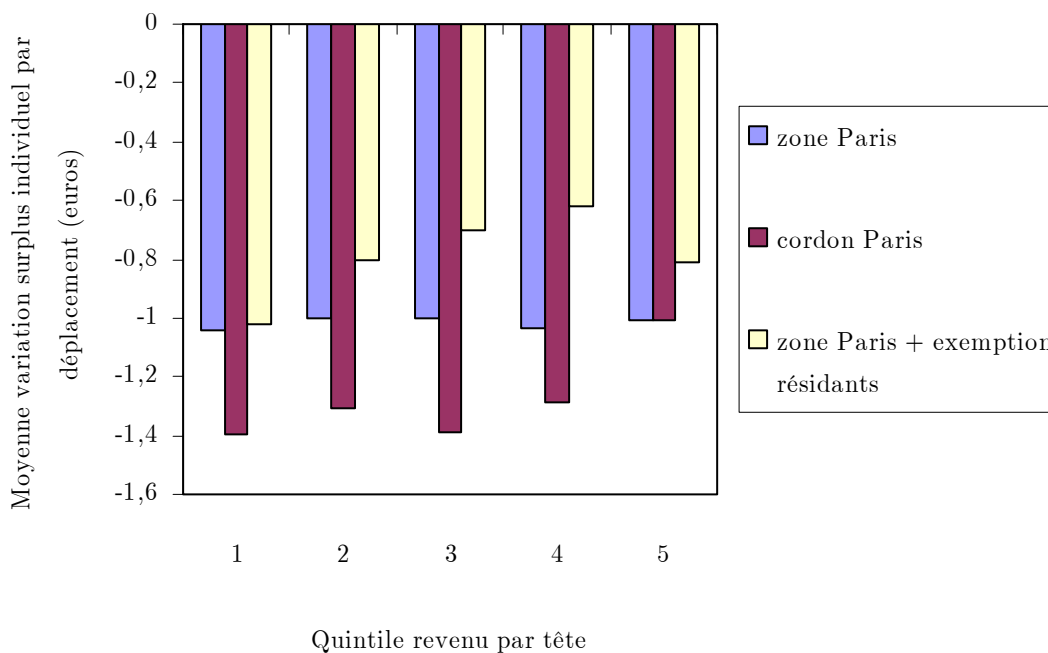
Comparaison de zone Paris, cordon Paris et zone Paris + exemption résidents

Nous nous concentrons maintenant sur des scénarios de péage couvrant Paris qui exemptent partiellement ou totalement certains automobilistes : le péage cordon et le péage de zone avec un rabais de 90% pour les automobilistes résidents. Ils sont comparés au scénario de référence zone Paris.

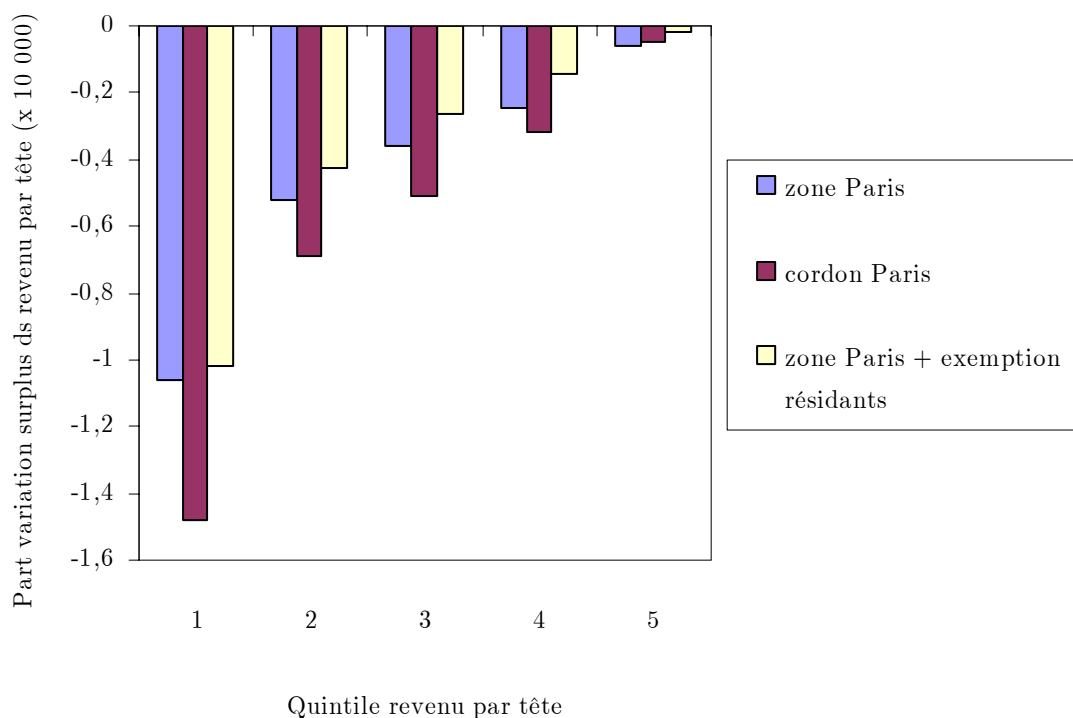
Le Graphique 3 représente la relation entre la variation de surplus individuel et le niveau de revenu par tête. On constate tout d'abord que *cordon Paris* et *zone Paris + exemption résidents* sont à l'origine d'une plus grande redistribution entre les classes de revenu que le péage de zone simple. La perte du péage cordon Paris varie de 1,00 à 1,40 euros alors que celle de *zone Paris + exemption résidents* varie de 0,62 à 1,02 euros.

En faveur de qui se fait cette redistribution ? Les deux scénarios avec exemption sont régressifs si l'on considère la relation entre variation de surplus et revenu par tête. Cette relation est, en tendance, croissante à deux bémols près. Pour le péage cordon, le quintile 3 perd légèrement moins que le 4 et le 5 mais la différence est très faible. En revanche, dans le cas du péage avec exemption des résidents, les individus les plus riches (quintile 5) perdent nettement moins que ceux du quintile 3 ou 4. Ce phénomène est lié au fait que la proportion de résidents est très importante dans le quintile 5 : ils représentent 67% des individus du dernier quintile.

Graphique 3 : Moyenne de la variation de surplus individuel par quintile de revenu par tête (euros/déplacement) lié à l'instauration des péages zone Paris, cordon Paris et zone Paris + exemption des résidents



Graphique 4 : Part moyenne de la variation de surplus individuel dans le revenu par tête par quintile de revenu par tête (péage zone Paris et cordon Paris et zone Paris + exemption des résidents)



Si l'on compare les scénarios *zone Paris + exemption des résidents* avec *zone Paris*, il apparaît très nettement que le niveau des pertes du péage de zone simple est nettement supérieur. Comment l'expliquer ? L'exemption des résidents diminue les pertes moyennes car la quasi-totalité des résidents reste sur la chaussée : ils bénéficient alors à plein du rabais (0,48 au lieu de 4,8 euros). En contrepartie, les non résidents acquittent un péage plus cher. Mais l'écart de montant du péage entre les deux scénarios est plus limité (4,8 euros pour le péage avec exemption au lieu de 2,8 euros pour le péage de zone simple).

La perte liée à un péage cordon est à l'opposé beaucoup plus faible que celle suscitée par un péage de zone. En effet, un péage cordon n'exempte qu'une partie faible des automobilistes (les 15% effectuant des déplacements internes à Paris). Et pourtant, pour conserver une réduction de trafic de 20%, le Tableau 4 montre que le tarif doit être augmenté jusqu'à 4,4 euros. L'importance de cette augmentation provient du fait que les déplacements automobiles internes à Paris sont les plus facilement substituables par les transports en commun. Les exempter conduit alors d'imposer une réduction très forte des déplacements entrants.

Conclusion

La simulation des effets distributifs de différents scénarios de péage a permis de dégager trois types de résultats.

Tout d'abord, nous avons montré que les automobilistes supportent des pertes lors de l'introduction d'un péage de l'ordre d'un euro par déplacement. Cela n'est pas vraiment surprenant quand on considère les valeurs du temps des automobilistes. Elles atteignent 12 euros par heure au maximum, ce qui nécessite de gagner environ 15 minutes pour compenser le prix d'un péage de 3 euros par exemple. Dans des scénarios géographiquement limités à Paris un gain de temps de cette ampleur est très peu probable.⁷

Si tous les scénarios suscitent des pertes, celles-ci n'ont pas toutes la même ampleur. Elles sont sensiblement plus faibles avec un péage de zone exemptant les résidents, ce qui améliore l'acceptabilité de cette option. A l'opposé, un péage cordon suscite les pertes les plus élevées.

Sur le caractère régressif ou progressif des péages, les conclusions divergentes selon que les pertes liées au péage sont mesurées en termes absolus, c'est à dire en euros par déplacement, ou en termes relatifs, c'est à dire en pourcentage du revenu par tête. En termes absolus, les péages de zone simple qu'ils couvrent Paris ou les dix premiers arrondissements sont socialement neutres. En revanche, les péages exemptant les résidents ou les automobilistes circulants dans Paris (le péage cordon) sont nettement régressifs. En termes relatifs, tous les scénarios sont régressifs.

⁷ Par exemple, les déplacements internes à Paris en automobile ont une durée moyenne de 22 minutes.

Références

- Arnott R., A de Palma, R. Lindsey (1994) "The welfare effects of congestion tolls with heterogeneous commuters", *Journal of Transport Economics and Policy*, 28(2), pp 139-61
- De Palma, A. et Fontan, C., Choix modal et valeurs du temps en Ile-de-France, N°2001-20, juin 2001.
- Glachant M., B. Bureau (2004) Economie des effets distributifs de la tarification de la circulation en zone urbaine, rapport pour la Mission Interministérielle pour l'Effet de Serre.
- Layard R. (1977) "The distributional effects of congestion taxes", *Economica*, 44, pp 297-304.
- Raux C., Souche M. (2004) "The acceptability of urban road pricing", *Journal of Transport Economics and Policy*, 38(2), pp 191-216.
- Teubel U. (2000) "The welfare effects and distributional impacts of road user charges on commuters: an empirical analysis of Dresden", *International Journal of Transport Economics*, 27(2), pp 231-54
- Verhoef ET, Nijkamp P., Rietveld P. (1997) "The social feasibility of road pricing: a case study for the Ranstad area", *Journal of Transport Economics and Policy*, pp 255-276.

ANNEXE

Résultats de l'estimation du choix modal : Pr(VP=1)

	Coefficient	Ecart type	z	P> z
DT	0,046	0,004	12,47	0,000
DC	0,236	0,031	7,57	0,000
DT*FEMME	0,005	0,006	0,94	0,346
DC*FEMME	0,145	0,024	5,94	0,000
DT*REVENU2500	-0,001	0,006	-0,1	0,921
DC*REVENU2500	0,044	0,025	1,74	0,082
Effectif_MENAGE	-0,133	0,043	-3,13	0,002
NB_VOITURES	1,134	0,099	11,48	0,000
AGE35_50	0,138	0,109	1,26	0,207
OD _k				

Nb observations 3043

LR chi2(41) = 1778,92

Log vraisemblance = -1190,0129

Mc Fadden pseudo R2 =0.4277