



Séminaire d'Économie Publique

**Le coût économique de la congestion du boulevard périphérique parisien
Estimation, évolution et discussion**

Martin Koning, CES-MATISSE

Discutante : *Patricia Vornetti*

Mardi 19 février 2008

Le cout économique de la congestion du boulevard périphérique parisien

Estimation, Evolution et Discussions

Martin Koning –Université Paris 1- Matisse CES

5 Février 2008

Résumé – Cet article a pour but de mener une analyse descriptive de l'utilisation du boulevard périphérique mais aussi d'en estimer le cout social de congestion. Nous mobilisons une approche désagrégée distinguant ce cout de congestion selon les différentes vitesses. Alors que la vitesse médiane a augmenté de 9% depuis 6 ans, nous montrons que la perte sociale atteint 180 M euros en 2006 (+25% depuis 2000). Cette hausse s'explique par les changements au sein de la structure de l'utilisation du boulevard périphérique ainsi que par l'augmentation du cout d'opportunité du temps.

Pour les économistes la congestion routière est un parfait exemple de « défaillance de marché », il s'agit d'une importante externalité négative associée à la vie urbaine. La notion d'externalité se réfère aux situations pour lesquelles les décisions maximisatrices individuelles (prises en ne considérant que le cout privé) aboutissent à des résultats divergents de celles qui chercheraient à maximiser le bien-être collectif de la société (avec la prise en compte du cout social). Dans le cas de la congestion, ma voiture et mon choix de déplacement participent au ralentissement de la circulation, ce qui fait perdre du temps- et donc de l'argent- à l'ensemble des automobilistes. La société perd alors quelque chose à ce qu'il y ait trop de véhicules simultanément sur les routes. Pour reprendre Fujita (1999), « *a city is a concentration of externalities* »¹. Le dynamisme d'une ville et de son territoire s'explique donc par

¹ Citation reprise dans E.Quinet, R.Vickerman (2004). « *Principles of transport economics* ». Edward Elgar.

les effets des différentes externalités urbaines. L'étude de la congestion routière intègre ce cadre.

Nous souhaitons souligner tout de suite que le « quelque chose » auquel nous allons nous intéresser dans cet article ne se rapporte qu'aux uniques pertes de temps subies par les automobilistes. La congestion peut en effet se traduire également par d'autres effets néfastes pour la société. Nous pensons ainsi à son impact environnemental négatif, à ses conséquences sur la taille effective du marché du travail ou encore à ses effets psychologiques. Dans le premier cas, les émissions polluantes étant une fonction inverse de ces vitesses (surtout pour les classes de vitesse inférieures à 50 km/h), la congestion peut engendrer une hausse des rejets de CO₂ (et autres gaz à effet de serre ; voir sur ce point une analyse menée au niveau local par Koning, Kopp, Prud'homme 2008)². La congestion a aussi pour conséquence de diminuer la taille effective du marché du travail (les emplois potentiellement accessibles à moins de x minutes de transport). La baisse des vitesses de circulation entraîne un « *matching* » moins performant et réduit ainsi les opportunités d'accès aux emplois (Prud'homme, Kopp, Costes ; 2008 à venir)³. Enfin, il apparaît que la congestion ne fait qu'accroître la pénibilité de déplacements déjà rallongés par la sur-utilisation routière. Aux pertes de temps réelles s'ajoutent un coût psychologique non négligeable que soulignent notamment les auteurs de la nouvelle économie du bonheur (voir Layard, 2007)⁴. Bien que conscients de ces effets de la congestion routière, nous ne chercherons pas à en évaluer les impacts sociaux dans cet article.

Cette étude porte sur une des principales infrastructures routières françaises, le boulevard périphérique parisien. Entamée en 1958, sa construction se termina en 1973 sous la présidence de G. Pompidou et offrit à l'Ile-de-France un axe routier sans équivalent. Le boulevard périphérique réalise une boucle de 35 kilomètres autour de la capitale et accueille une grande part des déplacements quotidiens (il s'agit de la « première autoroute » de France et d'Europe)⁵. Victime de son succès, le périphérique connaît aujourd'hui de nombreuses difficultés de circulation ; le

² M. Koning, P. Kopp, R. Prud'homme (2008). « *Paris : un tramway nommé désir* ». Transports.

³ N. Costes, P. Kopp, R. Prud'homme (2008). « *Politique parisienne des transports et accessibilité des emplois en Ile-de-France : le coût régional d'une politique locale* ». A paraître dans la RERU.

⁴ N. Layard (2007). « *Le prix du bonheur* ». Editions Armand Collin.

⁵ Informations wikipédia.

problème de la congestion y semble fortement présent. Les données de la gendarmerie nationale indiquent notamment qu'il est responsable d'environ 30% des bouchons constatés au niveau national⁶. Le coût de la congestion sur le boulevard périphérique constitue donc une question économique-politique de premier ordre. Avant de réfléchir à son éventuelle régulation, il est d'abord préférable de cibler l'ampleur de la perte sociale causée sur le périphérique.

Ce travail va s'appuyer sur une importante base statistique concernant l'utilisation du boulevard périphérique. Bien que nous soyons amenés à entamer des réflexions générales sur la politique parisienne des transports (peut-être trop vagues aux yeux de certains), nous centrerons notre analyse sur le caractère descriptif que nous apportent ces données. Nous allons aussi réactualiser et compléter le travail initial de Prud'homme et Sun (2000)⁷. La particularité de l'approche « désagrégée » mobilisée revient à considérer des « demandes d'utilisation de route » différentes selon les vitesses. On comprend bien que le coût de la congestion ne peut être constant : les pertes de temps dues à un excès d'automobilistes sont supérieures lorsque les vitesses de circulation sont déjà basses. Au lieu de considérer un coût moyen de congestion comme peuvent par exemple le faire l'INFRAS (2000)⁸ ou bien la Commission Européenne dans son « Livre Vert sur les transports urbains » (2007)⁹, nous distinguerons les pertes de temps selon les différentes classes de vitesse. Nous serons ainsi en mesure d'estimer le coût économique de la congestion pour 2006 et d'en décrire l'évolution depuis 2000. Nous terminerons notre travail en reprenant les principales conclusions de notre étude et en déduisant certaines implications pour la politique francilienne des transports.

Présentation des données

Nous disposons de données détaillées sur l'utilisation du boulevard périphérique. Elles nous ont été aimablement fournies par l'Observatoire des Déplacements de la Ville

⁶ Tous ces chiffres sont présentés dans les statistiques de l'Union Routière Française (URF) « *Faits et Chiffres 2006-Statistiques du transport en France* ».

⁷ Prud'homme R., Sun Y. M. (2000). « *Le coût économique de la congestion du périphérique parisien : une approche désagrégée* ». Les Cahiers Scientifiques du Transport. N° 37, pp. 59-73.

⁸ INFRAS-Zurich & IWW-Karlsruhe. (2000). « *External Costs of Transport : Accident, Environmental and congestion Costs of Transport in Western Europe* ». 140p.

⁹ Sous la référence COM(2007)551 final, disponible sur le net de la Commission.

de Paris. Ces informations, relatives aux mois de juin et d'octobre 2000 et 2006, sont exprimées en tronçons-périodes (tp). Elles concernent des observations recueillies toutes les 6 minutes (240 périodes par jour) sur l'ensemble des sous-sections de 500 mètres composant le boulevard périphérique (70 tronçons). Nous connaissons pour chaque observation le flux (nombre de véhicules passant sur la section en une heure, véh/h) et la vitesse associée (km/h). Cette dernière information est précieuse car elle va permettre d'affiner notre analyse. Il nous sera en effet possible de décomposer nos observations et nos estimations selon les classes de vitesse, c'est-à-dire selon des intervalles de 5 km/h¹⁰.

Ces données ont été converties en une unité de mesure facilitant notre étude : les véhicules*kilomètres (véh*km). Il s'agit d'une unité de compte reflétant bien l'utilité sociale des déplacements (Berechman, 1993)¹¹. Ne considérer que les kilomètres parcourus sur le boulevard périphérique reviendrait à oublier le nombre de personnes qui prennent part à l'activité « Transport ». Inversement, en ne prenant en compte que le nombre de voyageurs, on occulterait la longueur des déplacements. Les véh*km apparaissent ainsi comme un bon compromis : 3 véhicules roulants chacun 3 kilomètres donnent 9 véh*km. Sachant qu'une observation tp est valable pour une distance de 500 mètres (1/2 km) et une période de 6 minutes (1/10 h) nous trouvons le nombre de véh*km parcourus par classe de vitesse de la manière suivante :

$$\text{Nbre véh*km}_{\text{classe1}} = \text{Nbre-tp}_{\text{classe1}} * \text{flux}_{\text{classe1}} * 1/2 * 1/10$$

« Photographie » de l'utilisation du boulevard périphérique en 2006

Nous avons tous les éléments pour mener une analyse descriptive de l'utilisation du boulevard périphérique. Notre raisonnement sera complété à l'aide de divers graphiques et tableaux qui, nous l'espérons, faciliteront la compréhension du lecteur. Le tableau 1 présente le nombre de véh*km parcourus mensuellement en

¹⁰ Pour un mois nous devrions avoir 1,008 M données tp (=30*240*70*2). Nous ne disposons pas de l'intégralité de ces observations à cause de travaux sur certaines sous-sections du boulevard périphérique ou bien de dysfonctionnements des capteurs. De plus, nous avons nettoyé notre base en écartant les observations dont la vitesse est inférieure à 1 km/h ou supérieure à 120 km/h. Il nous reste au final 0,574 M et 0,533 M observations tp pour respectivement 2000 et 2006. Nous extrapolerons ces observations à l'ensemble d'un mois en appliquant des coefficients égaux à 1,75 et 1,89.

¹¹J. Berechman (1993). « *Public transit Economics and Deregulation policy* ». Amsterdam : North Holland.

2006 selon différentes les classes de vitesse. Il indique aussi leurs distributions (leur importance relative en %) et leurs fréquences cumulées :

Tableau 1 – Utilisation mensuelle du boulevard périphérique selon les classes de vitesse

V (km/h)	Vmoy (km/h)	véh*km (M)	distrib (%)	fr cumul (%)
x<5	2,5	0,13	0,05	0,05
5<x<10	7,5	2,44	0,96	1,01
10<x<15	12,5	7,84	3,08	4,10
15<x<20	17,5	11,95	4,70	8,80
20<x<25	22,5	14,22	5,59	14,39
25<x<30	27,5	14,33	5,64	20,03
30<x<35	32,5	13,33	5,25	25,28
35<x<40	37,5	11,81	4,65	29,92
40<x<45	42,5	10,04	3,95	33,87
45<x<50	47,5	8,98	3,53	37,41
50<x<55	52,5	10,79	4,25	41,65
55<x<60	57,5	16,37	6,44	48,09
60<x<65	62,5	28,76	11,32	59,41
65<x<70	67,5	43,08	16,95	76,36
70<x<75	72,5	41,87	16,47	92,84
x>75	85,9	18,21	7,16	100,00
Total		254,16		

On constate tout d'abord que plus de 254 millions de véh*km ont été mensuellement parcourus en 2006 sur le boulevard périphérique. Il nous est possible de donner le poids relatif du boulevard périphérique dans la circulation de l'agglomération parisienne. En partant des 35 millions de déplacements quotidiens réalisés à travers le territoire francilien et en nous aidant des autres informations disponibles dans la dernière Enquête Générale des Transports (2002), nous aboutissons à un trafic mensuel d'environ 3400 M véh*km. Le boulevard périphérique

représente donc 7,5 % de la fréquentation quotidienne et constitue une infrastructure routière essentielle pour la région¹².

Si on regarde la structure des véh*km selon les classes de vitesse, on constate que le périphérique est utilisé de manière très hétérogène. Une part infime de sa fréquentation totale (0,05%) s'effectue à la vitesse médiocre de 2,5 km/h. En montant jusqu'à 30 km/h, on retrouve 20% de la circulation totale. A l'opposé, les classes de vitesse « hautes » sont celles dont l'importance relative est la plus conséquente. On remarque ainsi que les intervalles qui accueillent le plus de véh*km sont ceux situés au-dessus de la barre des 60 km/h. Notons que cette vitesse occupe la place médiane (celle qui divise les véh*km en deux groupes de tailles égales). La lecture de ces premiers chiffres ne semble donc pas présenter l'utilisation du périphérique comme réellement problématique. La grande majorité des véh*km parcourus le sont à des vitesses relativement élevées et les automobilistes ne semblent pas rencontrer des conditions de circulation fortement dégradées.

Cette vision simpliste ne saurait pourtant rendre fidèlement compte du phénomène qu'est la congestion. Pour avoir une première idée des pertes de temps subies par les automobilistes, il semble plutôt pertinent de comparer le pourcentage de véh*km parcourus en dessous d'une certaine vitesse avec le pourcentage du temps de conduite passé à cette vitesse. Cette mesure permet de mieux comprendre la part relative que le prend temps dans les déplacements. Nous déduisons le nombre d'heures de conduite en appliquant la vitesse moyenne de chaque classe aux véh*km parcourus. Le tableau 2 présente ces informations pour deux classes de vitesse :

¹² L'EGT nous apprend que 44% des 35 millions de déplacements quotidiens sont motorisés. Nous obtenons le trafic mensuel en multipliant la portée moyenne de 6,4 kilomètres-transformée en distance grâce à un coefficient de 0,25- par le taux moyen d'occupation des véhicules (=1,3) car un véhicule cache plusieurs déplacements. Il ne faut pas non plus oublier les 20% de véhicules utilitaires occultés par l'EGT.

*Tableau 2 – Véh*km parcourus et heures de conduite correspondantes*

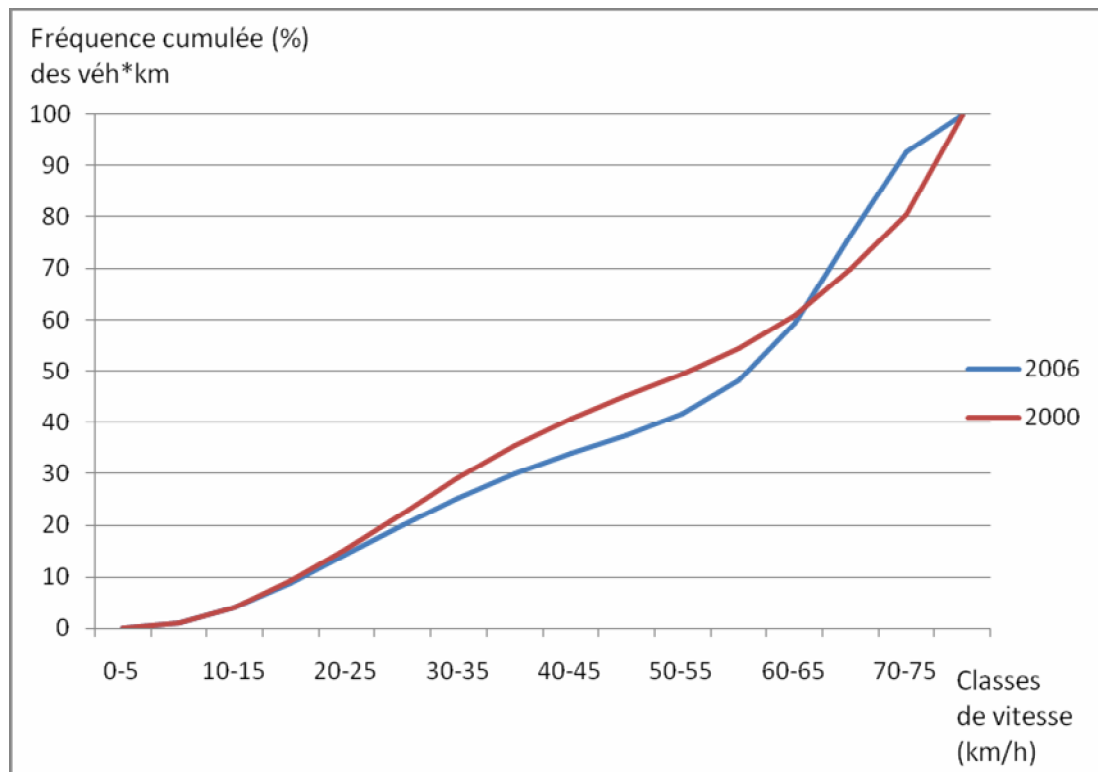
	% des véh*km parcourus à	% des heures passées à
Moins de 30 km/h	20%	44,6%
Plus de 60 km/h	51,9%	29,6%

Il est intéressant de noter à quel point peuvent diverger les deux grandeurs considérées. Alors que seuls 20% des véh*km parcourus le sont à moins de 30 km/h, cette utilisation du périphérique correspond à environ 45% des heures « consommées » dessus. Les proportions s'inversent pour les déplacements effectués à plus de 60 km/h : les 52% de véh*km parcourus correspondent à moins de 30% du temps passé sur le boulevard périphérique. Il est logique et normal que l'on ait besoin d'un temps de déplacement supérieur lorsqu'on roule à une vitesse basse. Mais l'ampleur des écarts nous montre que ce phénomène est exacerbé sur le boulevard périphérique, et ce d'autant plus que les vitesses de circulation sont basses. Il s'agit là d'une première mesure des pertes de temps et donc, de la congestion. Nous modéliserons et valoriserons par la suite l'importance de cette externalité. Avant de nous livrer à un tel exercice, nous allons d'abord profiter des données dont nous disposons pour décrire l'évolution de l'utilisation du boulevard périphérique entre 2000 et 2006.

Evolution de l'utilisation du boulevard périphérique entre 2000 et 2006

Deux graphiques permettent d'illustrer cette évolution. Il est en effet possible d'envisager les modifications de l'utilisation du boulevard périphérique sous deux angles : un changement relatif ou un changement absolu. La figure 1 reprend la première vision et présente l'importance relative des différentes classes de vitesse (en % du total des véh*km parcourus) pour les deux années :

Figure 1 – Courbes de répartition des véh*km en 2000 et en 2006

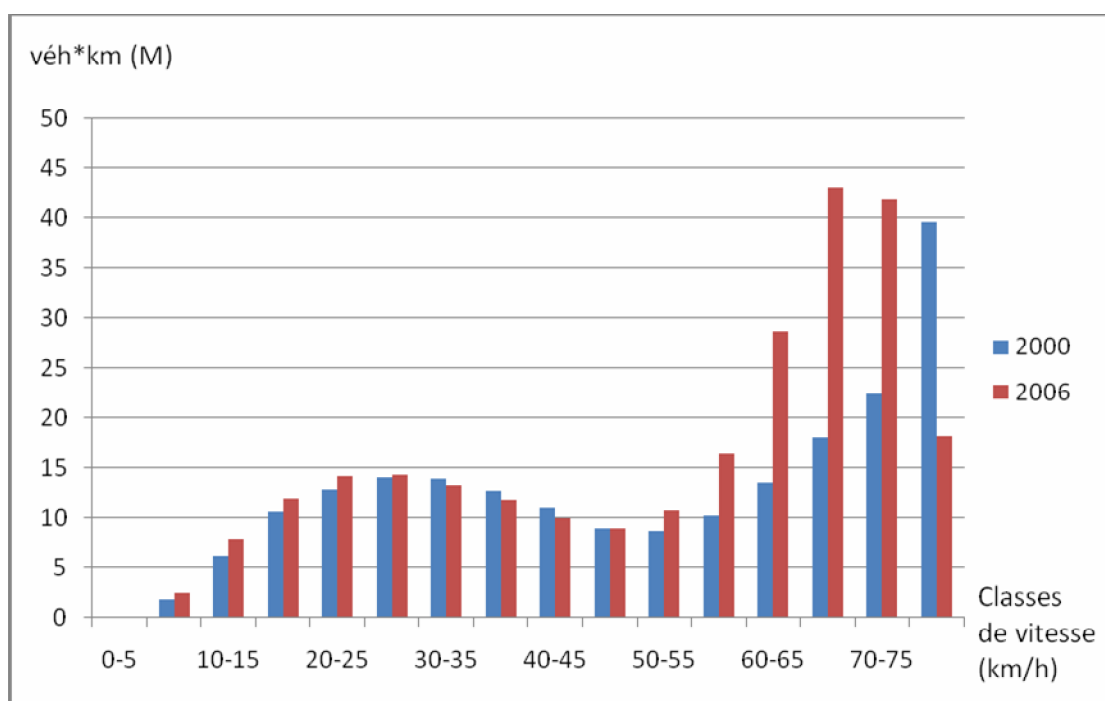


Les conditions de circulation semblent s'être améliorées durant les six années qui séparent nos observations. Les classes de vitesse comprises entre 20 et 60 km/h ont en 2006 une importance relative inférieure, contrairement aux classes de vitesse « hautes » qui accueillent en proportion plus de véh*km. La meilleure preuve de cette amélioration se retrouve dans la vitesse médiane. Elle se situait aux alentours de 60 km/h en 2006. Une lecture graphique nous montre facilement qu'elle était plus proche de 55 km/h en 2000. La vitesse médiane a donc augmenté de 9 % en 6 ans, traduisant ainsi des conditions de circulation plus « agréables » pour la majorité des automobilistes.

Cette amélioration - dont on ne peut que se réjouir- occulte pourtant une facette primordiale des changements observés. Il est en effet nécessaire de s'intéresser aux variations absolues que connaît l'utilisation du boulevard périphérique : une classe de vitesse peut certes connaître une fréquentation relative moindre mais accueillir au final un plus grand nombre de véh*km. Pour le dire autrement, la majorité ne

compte pas dans les deux cas le même nombre de véh*km. La figure 2 nous montre cet effet de structure :

*Figure 2 – Véh*km parcourus mensuellement sur le boulevard périphérique en 2000 et en 2006*



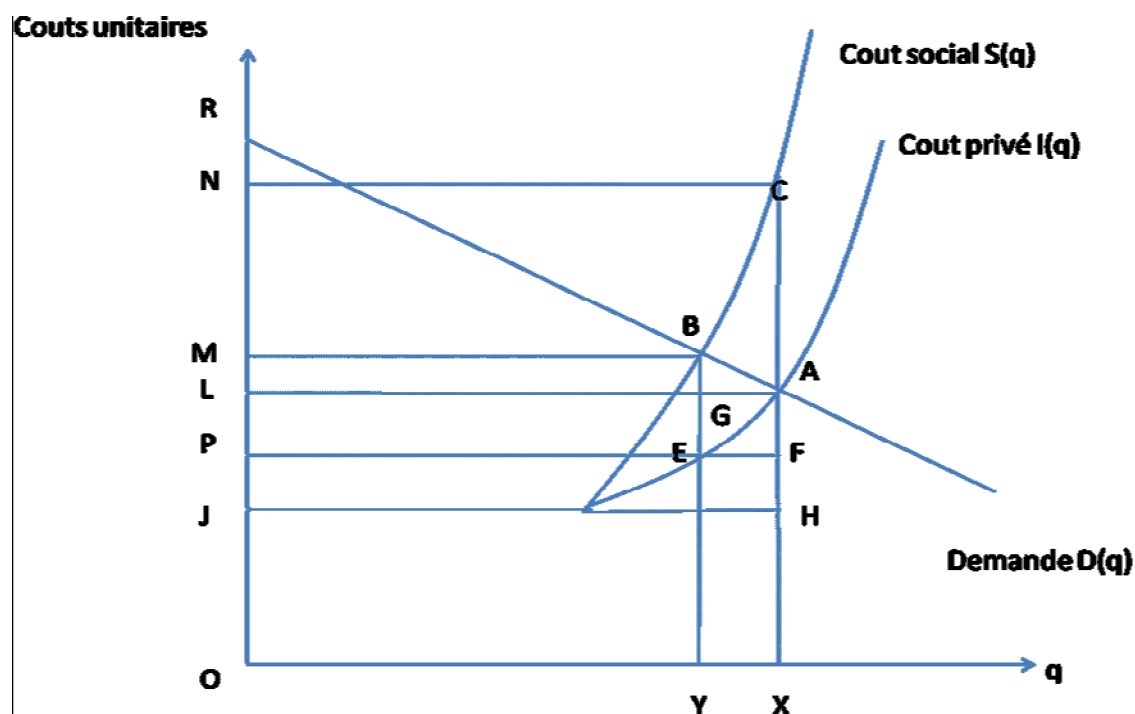
L'optimisme que nous aurions pu laisser entrevoir dans les lignes précédentes doit être modéré. L'amélioration relative semble balancée par la hausse du nombre absolu de véh*km effectués au sein de nombreuses classes de vitesse. C'est notamment le cas des tranches comprises entre 15 et 30 km/h. La figure 1 montrait (en grossissant l'échelle d'observation) une courbe de répartition située pour 2006 en dessous de celle associée à 2000. La figure 2 explique que cette amélioration relative est en fait accompagnée d'une augmentation des véh*km parcourus en deçà des 30 km/h. Ce constat s'explique principalement par le fait que le nombre total de véh*km effectués mensuellement sur le périphérique ait augmenté de 23,5% en six années (soit 3,6% par an). Nous observons pour 2000 une utilisation mensuelle de 205,78 M véh*km. Cette hausse du nombre de véh*km parcourus est considérable et mérite une explication. Nous tenterons d'y répondre plus loin dans l'article. Retenons pour le moment qu'il est difficile de cerner la réelle évolution de la congestion entre les deux dates. Certes, les conditions de circulation se sont

relativement améliorées. Mais le périphérique accueillant beaucoup plus de véh*km en 2006, il se peut que les classes de vitesse les plus basses (qui sont aussi les plus coûteuses) génèrent au final des pertes de temps supérieures. Notre modélisation de la congestion doit aider à clarifier la situation.

Analyse graphique et fonctions du modèle

Nous reprenons une analyse présentée initialement par Prud'homme et Sun (2000). Comme dans la plupart des travaux sur les externalités, les auteurs centrent leur réflexion sur la divergence entre situations effectives et optimales. Répétons que la particularité de l'approche mobilisée est de considérer la congestion de manière désagrégée : au lieu de n'utiliser qu'une unique courbe de demande et un coût moyen de congestion, nous allons au contraire les différencier suivant les classes de vitesse. Cette modélisation cherche ainsi à rendre compte de la congestion de la manière la plus fine possible. Surtout, une telle approche désagrégée implique qu'il n'existe pas une unique configuration optimale. Il y en a autant que la demande vient à se modifier. Avant de décrire les équations du modèle et de les confronter aux données dont nous disposons, il peut être intéressant de mener une analyse graphique afin de mieux cerner le phénomène qu'est la congestion. Nous baserons nous même nos calculs sur cette analyse graphique. La figure 3 représente la quantité d'utilisation de la route en abscisse (exprimée en densité, soit en un nombre de véhicules par kilomètre, véh/km ; on l'obtient en divisant le flux par la vitesse) et le coût unitaire d'utilisation en ordonnée (€/véh*km) :

Figure 3 – Représentation graphique de la congestion



L'équilibre effectif s'établit à l'intersection de la courbe de demande ($D(q)$) et de la courbe de coût privé ($I(q)$). Il y a alors X utilisateurs du périphérique, chacun devant supporter un coût unitaire L . Nous avons pourtant dit que cet équilibre était sous-optimal et s'accompagnait de congestion. L'utilisation du périphérique qui maximiserait le bien-être collectif des automobilistes se trouve en effet à l'intersection de la courbe de demande avec celle de coût social ($S(q)$). A ce niveau correspondent une quantité d'utilisation Y et un coût unitaire M . Dans cette configuration il y a une quantité XY d'automobilistes en trop, ce qui engendre un coût social de congestion.

Quelles autres informations pouvons-nous tirer de cette analyse graphique ? La première est que la densité « naturelle » du boulevard périphérique est toujours plus grande que la densité optimale : X est plus grand que Y . En second lieu, cette analyse porte sur une infrastructure routière donnée. Toute amélioration des capacités d'accueil de la route se traduit par un déplacement vers la droite des courbes $I(q)$ et $S(q)$, une baisse des coûts d'utilisation et donc une augmentation des quantités effectives et optimales. Enfin, la quantité optimale est fonction de la « demande de route ». Si cette dernière augmente, $D(q)$ se translate vers la droite et

avec elle la quantité optimale (on retrouve le même phénomène si la pente de la droite diminue). Pour reprendre Prud'homme et Sun (2000), « *cette dernière observation souligne la différence entre l'approche de l'ingénieur et celle de l'économiste : l'ingénieur définit l'utilisation optimale de la route en fonction des seules caractéristiques de la route, cependant que l'économiste se réfère à la fois aux caractéristiques de la route et à la demande d'utilisation de la route* ».

L'externalité négative de congestion peut se définir comme le coût supporté par la société lorsque l'utilisation de la route est X plutôt que Y. Nous pouvons le calculer en étudiant la variation des surplus associés à chacune des situations : la surface BCA (=PRBE – LRA). Pour mener un tel travail il faut au préalable connaître les fonctions de demande, de coût privé et de coût social.

La « demande de route » est une fonction inverse du coût d'utilisation de cette route. Plus est importante la fréquentation routière et plus lentement doivent rouler les véhicules. Le déplacement et l'activité transport sont par conséquent plus coûteux en temps. Nous reprenons une fonction de demande linéaire dont la pente se déduit de l'élasticité prix-demande d'utilisation de la route (mesure de la sensibilité de la demande au coût du déplacement). En considérant une élasticité ε de -0,8 (lorsque le coût augmente de 1%, la demande de route baisse de 0,8%) (Litman, 2006)¹³, nous avons :

$$D(q) = b + a \cdot q$$

b = coût fixe si la route était vide

$a = p / (\varepsilon \cdot q)$ en un point (q, p)

Nous différencierons les fonctions de demande selon les classes de vitesse auxquelles circulent les véhicules. Tel est l'intérêt de l'approche désagrégée. Les fonctions de demande seront déterminées *ad hoc* en observant les quantités effectives d'utilisation, les coûts associés et en calculant a et b .

La fonction de coût privé (celle considérée par les automobilistes ; coût généralisé) est composée d'un coût d'utilisation fixe (essence, amortissement du véhicule,

¹³ T. Litman (2006). « *Transportation elasticities: How prices and other factors affect travel behavior* ». Victoria Transport Policy Institute.

assurance; 0,12 €/veh*km) et d'un cout d'opportunité du temps, principale composante du cout généralisé. Ce cout d'opportunité est logiquement fonction inverse de la vitesse de circulation $s(q)$. L'instruction cadre du Ministère de l'équipement (25 mars 2004) fixe la valeur du temps pour les transports urbains à 9,3 €/h pour l'année 2000. Cette même instruction préconise aussi d'augmenter dans le temps cette valeur en fonction de la dépense de consommation des ménages à laquelle on applique un coefficient 0,7. En considérant une croissance annuelle de la consommation de 2% nous obtenons un cout d'opportunité du temps égale à 10,2€/h. Ainsi :

$$I(q) = 0,12 + 10,2 / s(q)$$

Le cout social -celui que devraient considérer les automobilistes afin de maximiser le bien-être collectif- s'obtient en majorant le cout privé de sa dérivée multipliée par les quantités :

$$S(q) = I(q) + I'(q) * q$$

Le cout social est donc supérieur au cout privé (car $I'(q)$ est positif). La quantité d'utilisation optimale doit par conséquent être inférieure à celle effective. Cette divergence s'explique et se forme à travers la vitesse de circulation. Il nous faut pouvoir associer à chaque classe de vitesse les quantités d'utilisation et les vitesses optimales. Nous allons pour cela nous aider de la relation vitesse-densité.

Relation vitesse-densité, utilisations effective et optimale du boulevard périphérique

La relation vitesse-densité représente les capacités physiques d'accueil d'une infrastructure routière donnée. Elle décrit la fluidité du trafic en associant à chaque vitesse de circulation la densité qu'autorise la route. Nous avons déduit cette relation des données fournies par l'Observatoire des Déplacements. Parmi les quelques centaines de milliers d'observations dont nous disposons pour les mois de juin et d'octobre 2000 et 2006, nous en avons sélectionnées aléatoirement 6000 afin de constituer un échantillon. Nous avons ensuite régressé la vitesse sur la densité. La spécification linéaire choisie ici est relativement classique et ajuste bien le nuage de points (R^2 de 80%) :

$$\text{reg1 : } s = 91,4 - 0,27 q$$

$$(0,202) \quad (0,001)$$

Cette relation indique qu'en absence de véhicules ($q=0$), un automobiliste pourrait conduire à 91,4 km/h sur le boulevard périphérique. Remarquons que cette vitesse est déjà supérieure de plus de 10 km/h à la vitesse maximum autorisée sur le périphérique (80 km/h). Le signe négatif du coefficient directeur est tout à fait intuitif : plus la route est occupée (plus la densité est importante) et plus la vitesse de circulation baisse. On comprend donc l'intérêt d'une telle relation pour qui veut évaluer le coût de ce ralentissement. Les fonctions peuvent maintenant se réécrire :

$$I(q) = 0,12 + 10,2 / (91,4 - 0,27 q)$$

$$S(q) = 0,12 + 10,2 / (91,4 - 0,27 q) + 2,75 q / (91,4 - 0,27 q)^2$$

Pour déterminer quelle devrait être la situation optimale, nous égalisons la fonction de demande avec celle de coût social, et ce, pour chacune des classes de vitesse considérées. Le tableau 3 permet de comparer les différentes configurations effectives et optimales :

Tableau 3 – Utilisations effectives et optimales du boulevard périphérique

	Situation effective			Situation optimale		
	vitesse	densité	Flux	Vitesse	densité	Flux
$x < 5$	2,5	329	823	13,9	287	3992
$5 < x < 10$	7,5	311	2331	23,4	252	5887
$10 < x < 15$	12,5	292	3653	29,6	229	6772
$15 < x < 20$	17,5	274	4790	34,4	211	7265
$20 < x < 25$	22,5	255	5742	38,5	196	7542
$25 < x < 30$	27,5	237	6508	42,5	181	7698
$30 < x < 35$	32,5	218	7090	46,0	168	7735
$35 < x < 40$	37,5	200	7486	49,6	155	7680
$40 < x < 45$	42,5	181	7697	52,8	143	7549
$45 < x < 50$	47,5	163	7723	56,0	131	7340
$50 < x < 55$	52,5	144	7564	59,5	118	7026
$55 < x < 60$	57,5	126	7219	63,1	105	6620
$60 < x < 65$	62,5	107	6690	66,3	93	6165
$65 < x < 70$	67,5	89	5975	70,1	79	5536
$70 < x < 75$	72,5	70	5075	74,1	64	4744
$x > 75$	85,9	20	1750	86,0	20	1720

La différence entre densités effective et optimale indique le nombre d'automobilistes « en trop » sur le boulevard périphérique (le gap XY sur le graphique 3). Ce sont ces automobilistes qui, étant données les capacités d'accueil du boulevard, engendrent un ralentissement de la circulation et un coût de congestion. Cette sur-utilisation de l'infrastructure routière n'est pas négligeable et atteint son maximum pour les classes de vitesse comprises entre 15 et 40 km/h (elle se situe aux alentours des 30%). En croisant cette information avec celles découlant de l'analyse descriptive (notamment le fait que 30% des véh*km parcourus en 2006 le soient à ces vitesses) on peut envisager d'importantes pertes de temps.

Nous voulons faire remarquer au lecteur que le flux maximal sur le boulevard périphérique est atteint avec une vitesse comprise entre 45 et 50 km/h. Ce résultat était prédit par la relation vitesse-densité. On peut en effet en tirer que $q=338,5-3,7*s$. Comme le flux (f) est le produit de la densité et de la vitesse, on peut écrire :

$$f=338,5*s-3,7*s^2$$

Le flux atteint son maximum lorsque la dérivée de cette fonction est nulle. Nous trouvons dans ce cas $s=45,7$ km/h. Il s'agit de la vitesse de circulation qui assure le plus grand débit de véhicules sur le boulevard périphérique, et donc sa plus grande utilité sociale. Ce flux effectif maximal est aussi associé à une perte de bien-être : la vitesse optimale devrait alors être de 56 km/h. Cette remarque faite, il reste maintenant à calculer la perte sociale engendrée par la congestion en 2006.

Calculs pour la classe 10-15 km/h et pour 2006

Les calculs suivants se réfèrent à la classe de vitesse 10-15 km/h. Pour obtenir le coût total de la congestion du boulevard périphérique il suffit de répliquer la démarche à l'ensemble des classes de vitesse. Nous connaissons les coordonnées des points nécessaires au calcul de la surface BCA sur le graphique 1 :

$$X = 292 \text{ véh/km}$$

$$Y = 229 \text{ véh/km}$$

$$L = I(292) = 0,936 \text{ euros/km}$$

$$M = S(229) = 1,185 \text{ euros/km}$$

$$P = I(229) = 0,465 \text{ euros/km}$$

Le cout kilométrique (€/km) pour cette classe de vitesse est donné par la différence entre les surplus associés aux situations effectives et optimales (via les différences de quantités-vitesses-couts) :

$$\text{Cout kilométrique}_{10-15} = \text{LGEP} - \text{AGB} = Y*(L-P) - (M-L)*(X-Y)/2 = 99,995 \text{ euros/km}$$

Il s'agit du cout économique de congestion engendré par 292 véhicules sur un kilomètre du boulevard (roulant de ce fait à 12,5 km/h au lieu de 29,6 km/h). On le transforme en un cout unitaire de congestion (€/véh*km) en le divisant par le nombre de véhicules présents sur ce kilomètre (la densité) :

$$\text{Cout unitaire}_{10-15} = 99,995/292 = 0,342 \text{ euros/véh*km}$$

Il nous reste à multiplier ce cout unitaire par le nombre total de véh*km effectués en 2006 sur le boulevard périphérique à la vitesse moyenne de 12,5 km/h (tableau 1) :

$$\text{Cout économique}_{10-15} = 0,342*7,84*12 = 32,18 \text{ M euros}$$

Ce chiffre représente ce qu'a perdu en 2006 la société à ce que près de 94 millions de véh*km aient été parcourus sur le boulevard périphérique à une vitesse réduite par la congestion. Pour être tout à fait précis, nous devons encore corriger cette perte. Il ne faut pas oublier que chaque véhicule est occupé par 1,3 individu en moyenne. Par ailleurs, 20% de la circulation francilienne est le fait de véhicules utilitaires ou professionnels à la valeur du temps supérieure (31,4 €/h au lieu de 10,2). Un calcul simple montre qu'il faut alors considérer un coefficient de 1,273¹⁴. La « vraie » perte sociale causée par la congestion routière du périphérique à la vitesse moyenne de 12,5 km/h est donc :

$$\text{Cout réel}_{10-15} = 32,18*1,273 = 39,80 \text{ M euros}$$

Le tableau 4 généralise cette perte sociale à l'ensemble des classes de vitesse et présente la structure des couts « globaux » et unitaires :

¹⁴=(10,2*1,3*80+31,4*20)/(10,2*1,3*100) .

*Tableau 4 – Cout économique causé par la congestion du boulevard périphérique
en 2006*

	Vitesse (km/h)	Véh*km (M)	Cout unitaire (€/véh*km)	Cout éco (M€)
x<5	2,5	1,59	2,870	5,63
5<x<10	7,5	29,34	0,716	25,98
10<x<15	12,5	94,03	0,342	39,80
15<x<20	17,5	143,40	0,198	35,07
20<x<25	22,5	170,59	0,124	26,21
25<x<30	27,5	171,96	0,083	17,72
30<x<35	32,5	159,99	0,057	11,21
35<x<40	37,5	141,77	0,039	6,90
40<x<45	42,5	120,46	0,027	4,02
45<x<50	47,5	107,72	0,018	2,45
50<x<55	52,5	129,52	0,013	2,02
55<x<60	57,5	196,48	0,008	2,04
60<x<65	62,5	345,17	0,005	2,09
65<x<70	67,5	516,98	0,003	1,83
70<x<75	72,5	502,42	0,002	0,98
x>75	85,9	218,47	0,000	0,02
Total		3049,89		183,98

La congestion du boulevard périphérique a généré une perte sociale de plus de 180 M euros en 2006. Les premières conclusions que nous avons pu déduire de notre analyse descriptive se trouvent confirmées par la structure des couts présentée. Près de 70% des pertes de temps dues à la sur-utilisation du boulevard périphérique correspondent bien aux vitesses comprises entre 5 et 25 km/h. Bien qu'accueillant un pourcentage relativement faible (15%) du total des véh*km parcourus, ce sont les conditions de circulation associées à ces vitesses qui sont les plus pénibles et les plus couteuses en temps pour les automobilistes (la structure des couts unitaires permet de la confirmer).

Discussion sur l'ampleur de ce cout

La perte sociale que nous avons estimée est conséquente et doit interpeller les décideurs publics. La congestion est un phénomène couteux et surtout très pénalisant pour le dynamisme territorial. Nous souhaitons toutefois profiter de ces lignes pour souligner que l'ampleur de la perte sociale dévoilée est aux antipodes des chiffres qu'auraient pu prédire d'autres travaux. Nous pensons ainsi à la Commission Européenne qui présente dans son « Livre Vert sur les transports urbains » (2007) le cout économique de la congestion comme étant égale à 1 % du PIB national. En considérant un PIB de 1500 milliards d'euros pour la France, les pertes de temps dues aux encombrements routiers pèseraient environ 15 milliards d'euros. Les données de l'Union Routière de France (2006) nous indiquant que Paris et le boulevard périphérique accueilleraient 26 % des ralentissements routiers nationaux en 2005, on en déduit une borne supérieure d'environ 3,9 milliards d'euros. Ce chiffre est trop important puisqu'il englobe aussi les encombrements dans Paris intra muros. Mais même en le divisant par deux, il reste plus de 10 fois supérieure à notre estimation. Il est possible de proposer notre propre ratio cout de la congestion en Ile-de-France / PIB régional. On peut déduire des mêmes données URF que Paris et le périphérique représentent environ 30 % des encombrements en Ile-de-France. En reprenant un cout de 183,98 M euros pour le boulevard périphérique, en le doublant pour prendre en compte Paris intra muros, nous trouvons une perte régionale de congestion d'environ 1,23 milliard euros. Avec un PIB régional arrondi à 500 milliards d'euros, on obtient un ratio de 0,2 % bien éloigné des évaluations de la Commission. Le calcul de ce rapport peut paraître simpliste et peu rigoureux. Nous préférons plutôt en retenir l'éloquence des résultats si divergents.

Il est aussi possible de comparer nos résultats avec ceux qu'auraient pu présenter les « ingénieurs » dont nous avons déjà parlé. Leur approche s'oppose à la notre puisqu'ils examinent la congestion en ne prenant en compte que l'offre potentielle fournie par l'infrastructure routière. Ils ne regardent pas l'impact des modifications de la demande sur les configurations effectives et optimales. Selon cette approche seule importe donc la situation qui permettrait d'assurer un flux maximum. Le tableau 3 montre que la vitesse optimale doit être dans ce cas de 56 km/h. En rapportant cette vitesse aux 254,16 M de véh*km parcourus sur le boulevard périphérique, on trouve le nombre d'heures qui auraient été dépensées en un mois d'utilisation

optimale du boulevard : 4,539 M heures. Nous connaissons aussi le nombre d'heures effectivement « consommées » tous les mois : 6,373 M. Selon cette vision, il y a donc eu 1,83 M heures de conduite « en trop », soit 22 M heures pour tout 2006. Avec les paramètres habituels nous trouvons une perte sociale de 277 M euros. Cette estimation est certes supérieure de 66% à celle produite durant ce travail mais elle reste dans un ordre de grandeur comparable. Elle se distingue aussi par l'énorme écart qu'elle représente par rapport aux estimations des instances européennes.

Les résultats sur lesquels débouche notre approche désagrégée semblent donc solides. Surtout, cette méthodologie offre une précision d'analyse qui ne participe qu'à enrichir les études sur la congestion routière et urbaine. Nous avons néanmoins mené un test de sensibilité des résultats à la relation vitesse-densité. Cette relation influe en effet sur les gaps d'utilisations effectives/optimales du boulevard périphérique, et donc sur le cout unitaire de la congestion. Elle vient à se modifier dans deux cas précis. Soit les capacités d'accueil de l'infrastructure routière sont améliorées à la suite de travaux d'aménagement. Soit les véhicules connaissent une nette amélioration de leurs caractéristiques techniques (meilleurs freinage et accélération). Le meilleur candidat pour mener cette comparaison nous a logiquement paru être la relation mise en évidence par Prud'homme et Sun (2000). Disposant de données tp comparables pour l'année 1996, les deux auteurs avaient obtenu la fonction suivante ($R^2=0,79$) :

$$\text{reg2 : } s=94,5 - 0,28*q$$

Cette relation ne diffère presque pas de la notre. Le coefficient directeur et la constante sont certes tous deux supérieurs, mais uniquement de 3%. Nous expliquons donc la similitude entre les deux relations vitesse-densité par l'absence de travaux d'envergure sur le boulevard périphérique depuis 10 ans¹⁵ et le lent renouvellement du parc automobile français. En croisant cette relation avec nos observations, le cout économique de congestion est d'environ 193 M euros pour 2006. Supérieur de 5%, ce résultat ne fait que confirmer la robustesse de notre modélisation. La congestion du boulevard périphérique, mesurée comme pertes de temps, a donc couté un peu moins de 200 M euros en 2006. Il importe maintenant d'en dévoiler la

¹⁵ Les travaux pour recouvrir le boulevard ne participent pas à en accroître la capacité d'accueil, au contraire.

tendance actuelle. Nous avons pressenti durant l'analyse descriptive que l'externalité de congestion s'était accrue entre 2000 et 2006, à cause notamment de la hausse absolue (et non relative) du nombre de véh*km parcourus dans les classes de vitesse inférieures. Qu'en dit la modélisation ?

Evolution du cout de la congestion entre 2000/2006 et explications

Le tableau 5 compare, pour quelques classes de vitesse caractéristiques, le cout de la congestion ainsi que l'utilisation (absolue et relative) du boulevard périphérique entre 2000 et 2006. La modélisation retenue ne diffère pas entre les deux dates. Seuls changent le nombre de véh*km parcourus, leurs distributions et, point intéressant sur lequel nous nous arrêterons, la valeur du temps (son cout d'opportunité) :

Tableau 5 – Comparaison 2000/2006 pour quelques classes de vitesse

		2000			2006	
	véh*km (M)	distrib (%)	Cout éco (M€)	véh*km(M)	distrib (%)	Cout éco (M€)
x<5	0,14	0,07	5,91	0,13	0,05	5,63
10<x<15	6,14	2,99	29,36	7,84	3,08	39,80
20<x<25	12,81	6,25	21,91	14,22	5,59	26,21
60<x<65	13,58	6,62	0,69	28,76	11,32	2,09
Total	205,78		146,93	254,16		183,98

Le cout de congestion sur le périphérique a connu une augmentation de 37 M euros durant les six dernières années (+25%, soit +3,8% par an). La perte sociale s'élevait ainsi à 146,93 M euros pour 2000. Nous pouvons expliquer cette forte hausse de la congestion en mobilisant deux types d'arguments bien distincts : la hausse absolue de l'utilisation du boulevard périphérique mesurée en véh*km et un cout d'opportunité du temps croissant au fil des années.

La première explication reprend le constat selon lequel l'utilisation du boulevard périphérique a énormément augmenté entre les deux dates. Nous avons montré que le nombre de véh*km parcourus mensuellement était passé de 206 M en 2000, à 254 M en 2006 (hausse de 23,5%). Il est intéressant de noter que ce surcroît d'utilisation est d'une ampleur comparable à la hausse du cout de la congestion. Comment donc justifier cette augmentation ? Pour être tout à fait franc avec le lecteur, Il nous est très difficile de répondre clairement à cette question. L'unité

véh*km ne nous permet en effet pas de savoir quel phénomène, de la hausse du nombre de véhicules ou bien de l'allongement des déplacements, l'emporte ici ? L'amélioration relative des conditions de circulation et la hausse de la vitesse médiane ont transféré de nombreux automobilistes vers les classes de vitesse supérieures. Il s'ensuit mécaniquement un flux plus important (jusqu'à un certain point, voir tableau 3) et donc, une augmentation des véh*km parcourus dans des conditions sous-optimales (exemple de la classe 60-65 km/h). Mais cette explication ne peut suffire seule. Il est tout autant probable que de plus nombreux automobilistes utilisent aujourd'hui le boulevard périphérique et participent ainsi à la hausse du nombre de véh*km. Nous pensons ces deux phénomènes se combinent et expliquent l'évolution du cout de la congestion sur le boulevard périphérique. Comme nous le remémorons certaines lignes du tableau 5, à une baisse relative peut correspondre une hausse absolue des véh*km parcourus au sein des classes de vitesse inférieures. Ces classes étant celles dont les couts unitaires de congestion sont les plus élevés (tableau 4), on trouve là une première explication quant à l'aggravation des pertes de temps sur le boulevard périphérique. La classe de vitesse 20-25 km/h apparaît être un bon exemple à cet égard.

Le second argument mobilisé, bien que très souvent oublié de ce genre d'analyse, participe de manière égale à expliquer la hausse du cout de congestion. Le développement économique des sociétés industrielles s'est appuyé sur une hausse quasi-continue dans le temps de la production mais aussi du revenu. Or, dans la perspective qui est la notre (mesurer des pertes de temps), on comprend que l'augmentation tendancielle du revenu ne peut être neutre vis-à-vis du cout de congestion. Le cout d'opportunité du temps est en effet mesuré par le salaire horaire moyen des individus. La croissance du revenu à travers les années engendre donc une hausse mécanique de ce cout d'opportunité. Pour le dire plus simplement, une heure perdue dans les encombrements routiers valait 9,3 euros en 2000 alors que son cout atteint aujourd'hui 10,2 euros (+9,7%). Nous pouvons intégrer cette réalité à notre modélisation en réécrivant les fonctions de cout privé et social avec cette valeur horaire de 9,3 euros¹⁶. De cette manière, il est possible de décomposer la hausse du cout de la congestion en une partie imputable à la dégradation des conditions de circulation et en une autre décrivant l'évolution naturelle et historique du cout d'opportunité du temps. En appliquant aux nouvelles (qui sont en fait les

¹⁶Les résultats présentés dans le tableau 5 pour 2000 ont été calculés ainsi.

anciennes) fonctions de coût la structure des véh*km de 2006, nous trouvons une perte sociale de 168,26 M euros. Cette hausse de 21,33 M euros (=168,26- 146,93) se rapporte à la perte sociale résultant réellement des dégradations des conditions de circulation. Elle explique 58% de la hausse du coût de congestion entre 2000 et 2006. L'autre part- 15,72 M euros (=183,98-168,26)- représente l'augmentation « naturelle » due à un coût d'opportunité du temps croissant. Ce phénomène a donc un pouvoir explicatif presque égal à celui de la « vraie » congestion. Le point mis ici en évidence est primordial de par son ampleur. Certains économistes soulignent le fait que l'évolution comparée du coût d'opportunité du temps et des coûts de transport joue un rôle central dans les processus du développement urbain (Glaeser, 2007)¹⁷. Etant donnée l'importance du boulevard périphérique dans le réseau francilien, on comprend que sa plus ou moins grande fluidité peut avoir des influences majeures en dehors de ses propres voies de circulation. Une étude à part entière sur ce thème semble nécessaire et permettrait de mieux cerner les tendances actuellement à l'œuvre au sein de l'agglomération parisienne. Avant de conclure en reprenant les différents apports de ce travail, nous souhaitons maintenant attirer l'attention du lecteur sur un dernier point qui mérite un éclairage particulier de par son actualité et son caractère ambivalent.

Tarification et coût marginal

Les sciences économiques peuvent proposer certaines solutions pour « internaliser » et corriger la défaillance de marché que représente la congestion routière (pour une présentation détaillée des instruments disponibles voir de Palma, Pahaut, Quinet, 2005¹⁸). Dans la lignée des travaux fondateurs d'A.C. Pigou, les économistes du transport préconisent le plus souvent une tarification au coût marginal¹⁹. Nous entendons par tarification l'instauration d'un « péage urbain » à l'image de ceux existants à Londres ou à Stockholm (Bocajero, Prud'homme, 2005²⁰ ; Kopp,

¹⁷ E. Glaeser (2007). « *Economic approach to cities* ». NBER.

¹⁸ A. de Palma, S. Pahaut, E. Quinet (2005). « *Pour en finir avec les encombrements* ». Futuribles. N°311.

¹⁹ Voir sur ce point une présentation détaillée de Rothengatter W. (2003). « *How Good Is First Best ? Marginal Cost and Other Pricing Principles for User Charging Transport* ». Transport Policy, vol 10, pp. 121-130.

²⁰ J. P. Bocajero, R. Prud'homme (2005). « *L'expérience du péage de Londres* ». Transports. N°430.

Prud'homme, 2007²¹). Le cout marginal de congestion – cout infligé à la marge par le dernier arrivant – peut se définir comme la différence entre le cout social et le cout privé qui prévaudraient à la situation optimale (segment EB sur la figure 3). Connaissant ces fonctions selon les classes de vitesse, nous pouvons proposer les éventuels «péages» dont devraient s'affranchir les automobilistes souhaitant utiliser le boulevard périphérique (tableau 6). Ce péage doit permettre de rapprocher l'utilisation effective de l'infrastructure routière de celle optimale, limitant ainsi la perte sociale :

Tableau 6 – Grille de tarification du boulevard périphérique au cout marginal

	Tarif = Cm (€/véh*km)
x<5	4,08
5<x<10	1,27
10<x<15	0,72
15<x<20	0,49
20<x<25	0,36
25<x<30	0,28
30<x<35	0,22
35<x<40	0,17
40<x<45	0,14
45<x<50	0,11
50<x<55	0,09
55<x<60	0,07
60<x<65	0,06
65<x<70	0,04
70<x<75	0,03
x>75	0,01

La lecture de ces chiffres permet de comprendre que la décision d'une tarification du boulevard périphérique est tout autant politique que financière. Un déplacement de 8 kilomètres (1/4 de sa longueur) réalisé à une vitesse moyenne de 17,5 km/h couterait près de 4 euros par véhicule. Tel est l'objet du péage urbain : empêcher les gêneurs potentiels de venir aggraver la situation. Mais cette solution ne va pas sans inégalités sociales. Le péage urbain pourrait jouer comme un impôt régressif qui toucherait en premier lieu les ménages les plus pauvres et les plus dépendants de

²¹ P. Kopp, R. Prud'homme (2007). « *Le péage de Stockholm : enseignements et évaluation* ». Transports. N°443.

leurs véhicules (voir sur ce sujet une étude de Glachant, 2005²²). Pour réguler une infrastructure comme le boulevard périphérique il apparaîtrait déjà préférable de différencier la tarification entre heures de pointe et heures creuses, mais aussi selon les catégories de revenu. A ces problèmes il faut ajouter la difficulté technique que représente la mise en place du péage urbain ainsi que les énormes investissements nécessaires au système de monitoring. Il ressort des expériences concrètes que le montant de l'investissement initial peut, dès le départ, hypothéquer le succès du projet.

Les chiffres que nous avons produits montrent que le problème de la congestion du boulevard périphérique est actuellement croissant. Il est donc légitime et rassurant que l'idée de son éventuelle régulation soit abordée. Personnellement, nous ne pensons pas que la solution d'un péage urbain sur le boulevard périphérique soit la plus pertinente et la plus juste au regard de sa sociologie. Une première solution (moins onéreuse) consisterait en l'amélioration et en la généralisation d'un système d'informations sur l'état du trafic (sur et, surtout, hors du périphérique). Avant même d'affecter encore plus la « pureté » du bien public qu'est le boulevard périphérique, il serait peut être opportun de donner aux automobilistes les moyens de prendre une décision encore plus « éclairée » quant à leurs choix de déplacement. Les couts marginaux peuvent servir dans ce cas de support informationnel. Une autre solution pour limiter le problème de la congestion urbaine réside dans le développement de transports en commun attractifs aux yeux des automobilistes : on parle alors d'intermodalité et de report modal. Cette option est actuellement fortement mobilisée partout en France et en Europe. Notre approche par le cout marginal de congestion montre pourtant que, dans le cas du boulevard périphérique, une telle politique des transports n'est pas si simple et se doit d'être prudente.

La grille de tarification du tableau 6 peut aussi être lue et interprétée sous un autre angle que celui du péage urbain. Elle donne également le cout social qu'infligerait un automobiliste contraint d'utiliser le boulevard périphérique. Un tel report viaire peut être provoqué par une politique des transports qui modifierait brutalement la structure des déplacements dans une zone proche du périphérique. Koning, Kopp, Prud'homme (2008) ont mis en évidence un tel phénomène en menant l'analyse

²² M. Glachant (2005). « *Un péage urbain à Paris? Une évaluation des effets distributifs de quatre scénarios* ». Cerna.

couts-bénéfices du tramway des Maréchaux voisin²³. Le rétrécissement de l'espace viaire sur les Maréchaux qui a accompagné le projet participe à déporter quotidiennement 42300 véh*km sur le boulevard périphérique (environ 2% de la circulation sur cette zone). En appliquant à ces véh*km des couts marginaux similaires à ceux du tableau 6²⁴ les auteurs aboutissent à un surcout de congestion d'environ 30 M euros²⁵. Le périphérique connaîtrait donc une congestion « d'équilibre » déjà importante, mais le cout de son déséquilibre -les véh*km déportés- peut prendre une ampleur considérable. Une politique des transports comparable à celle du tramway des Maréchaux améliore sans aucun doute le bien-être des habitants d'une zone précise et circonscrite. Mais elle ne doit pas ignorer ses « dommages collatéraux » parmi lesquels le report viaire vers le boulevard périphérique. Bénéfiques et justifiées au niveau local municipal, ce genre de politiques révèle une forme d'incohérence institutionnelle au niveau de l'agglomération et de la région. De quoi alimenter en eau le moulin du débat sur le Grand Paris...

Synthèse

Nous espérons que les multiples informations disséminées tout au long de cet article n'auront pas trop compliqué la compréhension des lecteurs. Au risque de nous répéter, nous reprenons maintenant les différents résultats de cette recherche. Cela doit permettre de dresser un paysage plus harmonieux et cohérent de l'utilisation actuelle du boulevard périphérique parisien :

- Avec une vitesse médiane en hausse de 9% depuis 2000 la majorité des automobilistes connaît en 2006 de meilleures conditions de circulation (environ 60 km/h). Ce résultat est d'autant plus important que la majorité concernée (mesurée en véh*km) a fortement augmenté entre les deux dates (+25%). Les deux évolutions générant un effet cumulatif, il nous est difficile d'en donner une réelle explication.

²³ Le T3 et les Maréchaux sont à 800 mètres de distance environ.

²⁴ Similaires mais non égaux car les auteurs ont utilisé une relation vitesse-densité spécifique à la section du boulevard périphérique parallèle au tramway.

²⁵ La pente de cette relation étant inférieure à celle de la notre, nous aurions trouvé une perte supérieure.

- Notre modélisation du cout économique de la congestion aboutit quant à elle à des conclusions plus dérangeantes. La perte sociale s'est accrue de 37 M euros sur la période (+25%) : elle passe de 147 M euros en 2000 à 184 M euros en 2006. Pour cette dernière année, nous proposons un ratio cout de congestion/ PIB régional de 0,2%. Cette hausse a deux origines.
- La première provient d'un important effet de structure. Les classes de vitesse comprises entre 15 et 30 km/h sont celles utilisant l'infrastructure périphérique de la manière la moins optimale. Elles ont donc un cout unitaire de congestion (€/véh*km) supérieur. Or, l'amélioration relative constatée entre 2006 et 2000 pour ces classes de vitesse est contrebalancée par la hausse du nombre absolu de véh*km. Cet effet de structure explique 60% de la perte sociale supplémentaire.
- Une autre raison provient de la hausse « naturelle »-propre à notre système économique- du cout d'opportunité du temps. Alors que le salaire horaire moyen a été conventionnellement augmenté de 9,7 % entre les deux années, cette évolution a induit une hausse du cout de la congestion de 15 M euros. Avec l'importance grandissante qu'accordent aujourd'hui les spécialistes à la notion de mobilité²⁶, ce résultat doit nous servir de point de départ à d'autres travaux liant cout d'opportunité du temps et couts de transport sur le territoire francilien. Nous voyons là un déterminant central du développement territorial parisien.
- Enfin, cet article propose une grille de tarification (au cout marginal) applicable à un éventuel péage urbain. La régulation du boulevard périphérique mérite en effet une réflexion à part entière. Une lecture inversée de ces chiffres permet aussi de comprendre que les politiques de transport doivent prendre en compte le boulevard périphérique au risque d'être incohérente : en évinçant des automobilistes vers le périphérique on ne ferait qu'accroître les pertes de temps d'un plus grand nombre.

Cet article souffre certainement de lacunes et mériterait des approfondissements. Nous espérons toutefois qu'il apporte des informations utiles et pertinentes à la

²⁶ Voir ainsi P. Estèbe (2007). « *Gouverner une ville mobile* ». PUF. ou Y. Crozet (2005). « *Villes européennes : le défi de la maîtrise de la mobilité* ». Economie et sociétés.

compréhension des deux phénomènes que sont l'utilisation du boulevard périphérique ainsi que sa congestion.

Références bibliographiques :

- J. Berechman(1993). « *Public transit Economics and Deregulation policy* ». Amsterdam : North Holland.
- J. P. Bocajero, R. Prud'homme (2005). « *L'expérience du péage de Londres* ». Transports. N°430.
- N. Costes, P. Kopp, R. Prud'homme (2008). « *Politique parisienne des transports et accessibilité des emplois en Ile-de-France : le cout régional d'une politique locale* ». A paraître dans la RERU.
- Y. Crozet (2005). « *Villes européennes: le défi de la maitrise de la mobilité* ». Economie et sociétés.
- P. Estèbe (2007). « *Gouverner une ville mobile* ». PUF.
- M. Glachant (2005). « *Un péage urbain à Paris? Une évaluation des effets distributifs de quatre scenarios* ». Cerna.
- E. Glaeser (2007). « *Economic approach to cities* ». NBER.
- INFRAS-Zurich & IWW-Karlsruhe. (2000). « *External Costs of Transport : Accident, Environmental and congestion Costs of Transport in Western Europe* ». 140p.
- M. Koning, P. Kopp, R. Prud'homme (2008). « *Paris : un tramway nommé désir* ». Transports.
- P. Kopp, R. Prud'homme (2007). « *Le péage de Stockholm : enseignements et évaluation* ». Transports. N°443.
- N. Layard (2007). « *Le prix du bonheur* ». Editions Armand Collin.
- T. Litman (2006). « *Transportation elasticities: How prices and other factors affect travel behavior* ». Victoria Transport Policy Institute.
- A. de Palma, S. Pahaut, E. Quinet (2005). « *Pour en finir avec les encombrements* ». Futuribles. N°311.

- R. Prud'homme, Sun Y. M. (2000). « *Le coût économique de la congestion du périphérique parisien : une approche désagrégée* ». Les Cahiers Scientifiques du Transport. N° 37, pp. 59-73.
- E. Quinet, R. Vickerman (2004). « *Principles of transport economics* ». Edward Elgar.
- W. Rothengatter (2003). « *How Good Is First Best ? Marginal Cost and Other Pricing Principles for User Charging Transport* ». Transport Policy, vol 10, pp. 121-130.
- Union Routière Française (2007). « *Faits et chiffres 2006 -statistiques du transport en France* ».