

## Chapitre 5

### Valorisation de l’affluence dans les transports publics en Île-De-France

Eric Kroes<sup>1</sup>  
Marco Kouwenhoven<sup>2</sup>,  
Laurence Debrincat, Nicolas Pauget<sup>3</sup>

*Depuis le milieu des années 90, la fréquentation des transports publics en Île-de-France (région parisienne) a considérablement augmenté – de 20 % au cours des dix dernières années seulement. Cette progression, qui figurait parmi les objectifs du plan de mobilité urbaine durable adopté en 2000, n’avait toutefois pas été totalement anticipée. Le renouvellement des infrastructures ferroviaires et du matériel roulant est nécessaire pour faire face à cette situation mais à lui seul, il ne suffira pas. Des investissements majeurs sont prévus afin d’accroître la capacité, en construisant de nouvelles lignes ou en augmentant la capacité des lignes existantes. Le Grand Paris Express est le plus connu de ces projets. Pour l’évaluation socio-économique, il est nécessaire de quantifier l’ensemble des impacts de ces investissements. Cependant, on connaît mal la valeur que les voyageurs accordent à la réduction des niveaux de congestion. Le Syndicat des Transports en Île-de-France a donc confié en 2011 à Significance la mission de réaliser une nouvelle étude sur la perception du confort dans les véhicules de transports publics en général, et plus particulièrement sur la question de l’affluence. L’étude devait couvrir l’ensemble des modes de transports publics franciliens.*

- 
- 1 Significance - VU Université d’Amsterdam, Pays Bas  
2 Significance Pays Bas  
3 Syndicat des Transports d’Île de France, France

## Contexte

Depuis le milieu des années 90, la fréquentation des transports publics en Île-de-France (région parisienne) a considérablement augmenté – de 20 % au cours des dix dernières années seulement. Cette progression, qui figurait parmi les objectifs du plan de mobilité urbaine durable adopté en 2000, n’avait toutefois pas été totalement anticipée. Par conséquent, la capacité du réseau de transports publics ne suffit plus à répondre à la demande aux heures de pointe, en particulier en plusieurs points du réseau situés dans le centre dense de la région. Cela se traduit par des véhicules bondés et des temps d’attente longs pour les voyageurs sur les quais des stations et gares et aux arrêts de bus. Les lacunes en matière de maintenance et de modernisation du réseau de transport sont sources de difficultés d’exploitation supplémentaires.

Le renouvellement des infrastructures ferroviaires et du matériel roulant est nécessaire pour faire face à cette situation mais à lui seul, il ne suffira pas. Des investissements majeurs sont prévus afin d’accroître la capacité, en construisant de nouvelles lignes ou en augmentant la capacité des lignes existantes. Le Grand Paris Express est le plus connu de ces projets. En outre, un certain nombre de lignes de bus seront remplacées par des lignes de tramway, des lignes ferroviaires sont en cours de rénovation et de nouveaux systèmes d’automatisation de l’exploitation des trains (SAET) contribueront à réduire l’intervalle entre deux trains et, ainsi, à accroître la capacité du réseau. L’ensemble de ces projets devrait sensiblement réduire le problème de capacité d’ici à 2020, et l’éliminer totalement d’ici à 2030. Par conséquent, les niveaux d’affluence dans les transports publics s’en trouveront considérablement réduits.

Pour l’évaluation socio-économique, il est nécessaire de quantifier l’ensemble des impacts de ces investissements. Il est possible de déterminer l’impact sur les temps de trajet et d’attente à l’aide de modèles de trafic standard, tels que le modèle ANTONIN employé en Île-de-France. Il est également possible de prévoir la réduction des taux de congestion en faisant appel à des modèles de trafic avancés. Cependant, on connaît mal la valeur que les voyageurs accordent à la réduction des niveaux de congestion (pour une analyse des travaux antérieurs, voir « Analyse des travaux antérieurs »).

Le STIF a donc confié en 2011 à Significance la mission de réaliser une nouvelle étude sur la perception du confort dans les véhicules de transports publics en général, et plus particulièrement sur la question de l’affluence. L’étude devait couvrir l’ensemble des modes de transports publics franciliens.

## Objectifs et méthodologie

L’étude décrite dans le présent rapport visait à estimer l’importance attribuée à l’affluence dans les véhicules de transports publics en Île-de-France. Il a fallu, au besoin, calculer différentes valeurs et préférences pour chaque mode de transports publics. Tous les résultats devaient être valides pour la région Île-de-France. Les valeurs finales seront utilisées dans le cadre d’analyses coûts-avantages pour évaluer

les effets socio-économiques des projets de transports publics ainsi que des modèles de prévision des choix de modes et choix d’itinéraires des usagers des transports publics franciliens.

La méthodologie adoptée pour cette étude comportait quatre phases :

La première comprenait une analyse des publications scientifiques françaises et internationales consacrées à l’importance attribuée par les voyageurs au confort dans les transports publics et, en particulier, à l’affluence dans les véhicules.

La deuxième consistait en une étude quantitative des facteurs clés qui déterminent la perception du confort par différentes catégories d’usagers des transports publics.

La troisième comprenait la mise au point, la réalisation et l’analyse d’une enquête de préférences déclarées, de manière à calculer des coefficients pour la valeur du confort. Le confort a été examiné sous tous les angles, mais un accent particulier a été mis sur l’affluence. En complément des enquêtes de préférences déclarées, des questions concernant l’attitude des voyageurs vis-à-vis des transports publics ont été posées et ont conduit à l’établissement d’une typologie des répondants.

La quatrième consistait en une enquête de préférences révélées, afin de valider les résultats de l’enquête de préférences déclarées. Des comptages et des entretiens de voyageurs ont été menés dans différentes stations et gares, afin de mesurer le pourcentage de voyageurs qui préféreraient effectivement attendre le véhicule suivant plutôt que de monter dans le premier véhicule (plus encombré).

La présente publication s’intéresse essentiellement à l’estimation de la valeur de l’affluence dans les véhicules de transports publics et à l’utilisation des résultats pour réaliser une analyse coûts-avantages.

## **Analyse des travaux antérieurs**

L’analyse des travaux antérieurs démontre d’une part, que l’on ne dispose que d’une connaissance limitée de la valeur accordée par les voyageurs à l’affluence en France et d’autre part, que la valeur du confort est un sujet presque entièrement nouveau. La documentation sur le sujet est relativement limitée hors de France également. Li et Hensher (2011) l’ont examinée jusqu’alors au niveau international, et Wardman et Whelan (2011) ont réalisé la synthèse de 20 ans d’études de valorisation de l’affluence dans les transports ferroviaires au Royaume-Uni. Parmi les travaux antérieurs, Douglas Economics (2006) présente les résultats d’une étude de préférences déclarées dans le ferroviaire en Nouvelle-Zélande. Parmi les autres travaux sur l’affluence figurent, notamment, Cox et al. (2006), Baker et al. (2007), Oxera (2007), MVA (2007) et Whelan et Crocket (2009). En France, on peut citer deux études présentant des résultats sur l’affluence : l’une, récente, réalisée par Haywood et Koning (2011) et l’autre, par Kroes et al. (2006). Nous en examinerons brièvement certains des résultats les plus intéressants dans les paragraphes suivants.

Li et Hensher (2011) ont examiné les travaux sur la valorisation de l’affluence dans les transports publics, en s’appuyant sur des études menées en Australie, aux États-Unis, en Israël et au Royaume-Uni. Ils ont recensé trois mesures de la valeur de l’affluence : 1) un multiplicateur du temps de trajet, 2) une valeur monétaire par unité de temps, et 3) une valeur monétaire par trajet, mais n’ont pas comparé leur performance. Ils ont également décrit les représentations de l’affluence dans les expériences de

préférences déclarées correspondantes, et suggéré que l’analyse des préférences déclarées était la méthode privilégiée dans les travaux sur la valorisation de l’affluence. En dépit des différences importantes entre les études passées en revue, ils ont noté que toutes observaient que l’affluence augmenterait la valeur du gain de temps de trajet, qui selon eux « peut être considérée comme une autre composante du temps généralisé ».

Wardman et Whelan (2011), dans le cadre d’une méta-analyse, ont examiné les travaux fouillés consacrés à la valeur de l’affluence dans les transports ferroviaires au Royaume-Uni au cours des vingt dernières années, en particulier les études de préférences déclarées. Ils ont conclu à l’existence d’une désutilité du trajet, en particulier pour les usagers qui devaient voyager debout. Ils ont exprimé cette désutilité par un multiplicateur du temps de trajet : proche de 1 aux niveaux d’affluence faibles, ce multiplicateur atteint jusqu’à 2.7 pour les personnes voyageant debout dans des trains particulièrement congestionnés et 1.7 pour les personnes voyageant assises quand l’affluence ne permet pas à tous les voyageurs de s’asseoir. Cela signifie que la désutilité du trajet pour les personnes voyageant debout est plus que doublée en cas de grande affluence que quand des places assises sont disponibles. Elle est substantielle pour les personnes voyageant assises également.

À Paris, Haywood et Koning (2011) ont présenté leur étude intitulée « Pushy Parisian Elbows », réalisée sur une partie de la ligne 1 du métro parisien. En utilisant une méthode de valorisation contingente, les auteurs ont quantifié l’arbitrage que les voyageurs devaient faire entre affluence et temps de trajet. Ils ont conclu que les usagers du métro étaient prêts à rallonger leur trajet de 8 minutes par voyage en moyenne pour s’affranchir du niveau d’affluence élevé des heures de pointe et bénéficier de l’affluence nettement moindre caractérisant les périodes en dehors des heures de pointe. Cela équivaut grossièrement à une valeur, non négligeable, d’environ 1.5 euro par trajet.

Toujours à Paris, quelques années plus tôt, Kroes et al. (2006) ont mené une étude à partir d’expériences sur les préférences déclarées pour les trajets effectués sur les lignes de trains interurbains. Si l’étude visait principalement à mesurer la valeur de la ponctualité, elle a aussi permis de calculer des pénalités pour les trajets effectués en situation d’affluence, exprimées en minutes par temps de trajet équivalent. Pour se rendre dans le centre de Paris, par exemple, ils ont établi que la pénalité associée au fait de voyager debout était égale à 4.9 minutes par trajet plus 0.3 minute par minute de temps de trajet. Sur un trajet de 20 minutes, la pénalité s’élèverait donc à 10.9 minutes de temps de trajet perçu supplémentaire.

En résumé, nous avons relevé un certain nombre d’éléments communs dans les différentes études :

L’affluence dans les véhicules de transports publics engendre une désutilité substantielle, qui augmente le coût généralisé du déplacement ;

L’étude menée sur la valorisation de l’affluence s’est presque exclusivement appuyée sur les données de préférences déclarées pour l’estimation des valeurs. Cela tient vraisemblablement au fait qu’il est très difficile de trouver des situations de la vie réelle où observer des voyageurs arbitrer entre affluence et temps ou coût de trajet ;

La plupart des études expriment la désutilité de l’affluence par un multiplicateur du temps de trajet, fonction du niveau d’affluence et différent selon que les usagers voyagent assis ou debout.

## Analyse qualitative

Pour mieux cerner les facteurs clés qui déterminent la perception du confort (affluence et autres éléments constitutifs du confort) dans les véhicules de transports publics, et en prévision des enquêtes de préférences déclarées dans notre étude, cinq débats en groupes de discussion ont été tenus. Ces groupes étaient composés de jeunes adultes, de voyageurs fréquents effectuant des déplacements domicile-travail, de voyageurs occasionnels effectuant des déplacements domicile-travail et de voyageurs effectuant des déplacements autres que domicile-travail, de seniors, d’habitants des banlieues les plus lointaines.

Les débats en groupes visaient à comprendre la perception par les voyageurs du confort physique dans tous les types de véhicules de transports publics, afin d’identifier les dimensions et les caractéristiques importantes ainsi que les conséquences de l’inconfort sur les comportements. Il n’a pas été tenu compte du confort pendant l’attente sur les quais des stations et gares et aux arrêts de bus.

Il en est ressorti que la perception du confort physique dans les transports publics recouvre tout un ensemble d’éléments, tels que l’affluence, la stabilité du véhicule, le confort des sièges, la température, les odeurs, le bruit, le confort debout, la facilité d’accès et la facilité de mouvement dans les véhicules. Pour chacun de ces éléments, il a été demandé aux participants de définir ce qu’était un niveau parfait, correct, inconfortable ou insupportable. Le tableau 1 synthétise les résultats associés à l’affluence.

Tableau 5.1 Niveaux de perception de l’affluence

	Niveau de perception			
	Parfait	Correct	Inconfortable	Insupportable
<b>Description</b>	« Il y a quelques personnes »	« La quasi-totalité des places assises sont occupées. Il y a quelques personnes debout. On peut bouger sans difficulté. »	« Toutes les places assises sont occupées. Il y a des personnes debout. On ne peut pas bouger sans difficulté. »	« Toutes les places assises sont occupées. Les personnes debout sont proches les unes des autres. »
<b>Impact sur le voyageur</b>	« On peut se mettre où l’on veut »	« On peut choisir où se tenir debout mais pas où s’asseoir. »	« On doit rester debout, mais on a peu d’espace pour bouger. On peut se tenir debout près des places assises pour pouvoir s’asseoir dès que l’une d’elles se libère ou près des portes pour pouvoir sortir sans difficulté. »	« On ne peut pas bouger. »

On a observé que l’affluence entraînait les conséquences suivantes :

- Elle influe sur le confort physique ;

- Elle nécessite, dans une certaine mesure, de faire abstraction de son confort psychologique ;
- Elle engendre des comportements de foule ;
- Elle est source d’irrégularité du fonctionnement du réseau.

Cependant, si l’affluence influe de manière négative sur l’image des transports publics, il ressortait que son impact sur les comportements en matière de déplacements restait mineur pour les déplacements obligatoires, tels que les déplacements domicile-travail. S’agissant des déplacements effectués pour d’autres motifs, l’affluence avait une influence importante et conduisait à privilégier de manière croissante des modes de transport moins congestionnés et des déplacements en dehors des heures de pointe.

Parmi les comportements adoptés pour éviter l’inconfort, les débats des groupes de discussion ont relevé les suivants :

- Laisser passer un ou deux véhicules avant de monter à bord, en particulier pour les modes de transport à faible capacité (bus) ou à fréquence élevée (métro) ;
- Changer d’itinéraire, y compris lorsque l’itinéraire concurrent est plus long et/ou comporte davantage de correspondances ;
- Changer d’horaires de déplacement, notamment quitter le domicile plus tôt le matin pour les voyageurs effectuant des déplacements domicile-travail ;
- Changer de position dans le véhicule.

Les résultats de l’étude qualitative ont permis d’affiner les questionnaires de l’étude de préférences déclarées, en particulier la présentation des niveaux d’affluence aux répondants.

## Étude des préférences déclarées

Pour évaluer *a priori* les avantages attribués aux futures réductions de niveaux d’affluence dans les transports publics, il faut connaître la valeur économique accordée par les voyageurs à des améliorations spécifiques. Une manière d’estimer cette valeur est de réaliser une étude des préférences déclarées par la méthode d’expérience de choix (voir par exemple, Louviere et al. 2000). Dans ce type d’expérience, on propose à un échantillon de voyageurs un ensemble de choix entre deux (ou plus) scénarios hypothétiques relatifs aux véhicules de transports publics. Ces véhicules se distinguent par certaines caractéristiques clés, telles que le temps de trajet, le temps d’attente avant l’arrivée du véhicule suivant et le niveau d’affluence dans les véhicules. On demande aux voyageurs de déclarer leurs préférences pour l’un des scénarios. Pour le projet en Île-de-France, il a été décidé de retenir cette méthode d’analyse.

L’enquête de préférences déclarées s’appuyait sur des études antérieures consacrées à l’affluence, citées dans la documentation (par exemple, Li et Hensher 2011, Kroes et al. 2006, et Wardman et Whelan 2011), et sur l’analyse qualitative exposée à la section « Analyse qualitative ». Certains des principaux éléments sont résumés ci-dessous.

## Scénarios et variables de choix

Afin éviter les biais, nous avons mis au point deux expériences de choix distinctes pour évaluer la valeur de l'affluence :

- Dans l'expérience PD1, six scénarios étaient proposés et il fallait choisir entre monter tout de suite dans le premier véhicule qui était congestionné et attendre le suivant qui le serait moins. Le niveau d'affluence (huit niveaux) dans le premier véhicule et dans le suivant ainsi que le temps d'attente (cinq niveaux) variaient d'un scénario à l'autre (voir graphique 1).
- Dans l'expérience PD2, six scénarios étaient proposés et il fallait choisir entre un train bondé associé à un temps de trajet court et un train moins encombré associé à un temps de trajet long. En outre, pour chaque scénario, il était précisé si le répondant pourrait s'asseoir ou devrait voyager debout. Le niveau d'affluence (huit niveaux) dans les deux véhicules, le temps de trajet (onze niveaux, basés sur le temps de trajet rapporté (réel) par le répondant) et la possibilité de s'asseoir variaient d'un scénario à l'autre (voir graphique 2).

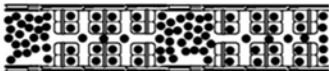
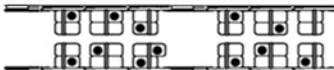
Graphique 5.1 Exemple de scénario pour l'expérience PD1

Pensez à votre déplacement de Tolbiac à Châtelet.  
Si vous étiez sur le quai et que vous ayez le choix entre  
un métro qui part tout de suite ou  
un métro qui est prévu dans 2 minutes,  
lequel choisiriez-vous ?

Tout de suite	Prévu dans 2 minutes
<p>Affluence dans le véhicule:</p>  <p>100 % des sièges occupés, des voyageurs debout autour des portes et partout dans le véhicule</p>	<p>Affluence dans le véhicule:</p>  <p>75 % des sièges occupés, quelques voyageurs autour des portes</p>

Graphique 5.2 Exemple de scénario pour l'expérience PD2

Pensez à votre déplacement de Tolbiac à Châtelet.  
Imaginez que vous ayez le choix  
entre les deux conditions de déplacement décrites ci-dessous.  
Dans laquelle de ces deux conditions de durée, d'affluence et de position  
préférez-vous effectuer votre déplacement ?  
*On suppose que la durée totale du trajet, le niveau d'affluence et votre position ne changeront pas pendant tout le trajet.*

	Métro vole 1	Métro vole 2
Durée du trajet:	14 minutes	15 minutes
Affluence dans le véhicule:	 <p>100 % des sièges occupés, des voyageurs debout autour des portes et partout dans le véhicule</p>	 <p>25 % des sièges occupés, et personne debout</p>
Position:	Vous pouvez vous asseoir pendant tout le déplacement	C'est à vous de décider de voyager assise ou debout

## Présentation de l’affluence

En s’inspirant de la documentation disponible et des tests réalisés au cours de l’analyse qualitative, les huit niveaux d’affluence ont été présentés sous la forme de graphiques accompagnés de descriptions. Graphiques et descriptions ont été adaptés en fonction du mode de transport emprunté par le répondant : ainsi, des présentations différentes ont été adoptées pour les modes ferroviaires (métro, RER, train, tramway), d’une part, et le bus, d’autre part (voir tableau 5.2).

## Échantillon

Au total, 3 000 usagers des transports publics ont participé à l’enquête de préférences déclarées. Ils ont été sélectionnés parmi un vaste panel internet. Les répondants devaient résider en Île-de-France et avoir récemment emprunté les transports publics. Ils ont été répartis en différents segments de voyageurs interrogés, en fonction des critères suivants :

- Mode de transports publics emprunté ;
- Zone de résidence ;
- Tranche d’âge ;
- Sexe ; et
- Situation professionnelle (actifs vs. inactifs).

Les usagers de transports publics sélectionnés ont été interrogés par le biais d’un questionnaire en ligne personnalisé en fonction des caractéristiques déclarées du trajet récemment effectué. Les entretiens ont été conduits de septembre à décembre 2011.

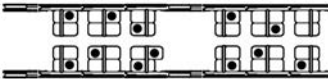
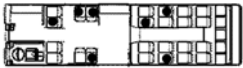
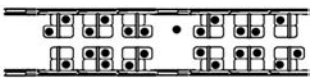

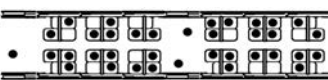
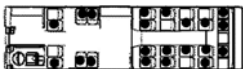
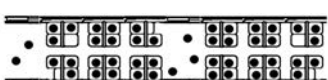

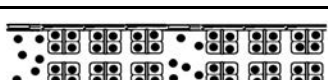

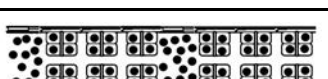

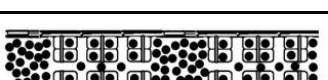
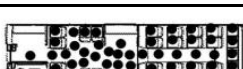


Toutes les réponses ont été soumises à un processus de contrôle qualité strict, qui a permis de vérifier les éléments suivants et d’écarter :

- Les réponses associées à des points d’origine et de destination hors du champ de l’enquête ;
- Les réponses associées à des questionnaires remplis trop vite ;
- Les répondants qui n’avaient pas répondu à toutes les questions de préférences déclarées ;
- Les répondants qui indiquaient des temps de trajet irréaliment longs.

À l’issue de ce processus, nous disposons des choix de préférences déclarées de 2 711 répondants (environ 90 % de l’échantillon initial) pour notre analyse.



Tableau 5.2 Présentation des niveaux d'affluence selon le mode de transport

Niveau	Nombre de voyageurs (% du nombre total de places assisés)	Métro, train, tramway, RER	Bus
1	25 %		
2	50 %		
3	75 %		
4	100 %		
5	125 %		
6	150 %		
7	200 %		
8	250 %		

## Typologie en fonction des attitudes

Il était également demandé à tous les répondants ayant participé à l'enquête de préférences déclarées de répondre à une série de questions concernant leur attitude vis-à-vis des transports publics. Ils étaient invités à exprimer, sur une échelle de 1 à 10, leur degré d'accord avec quatre affirmations relatives aux transports publics. Par exemple, « *Dans les transports publics, devoir rester debout pendant le trajet constitue un désagrément* » et « *En cas de grande affluence dans les transports publics, je ne respecte rien, c'est chacun pour soi* ».

Une analyse statistique a été réalisée pour identifier des segments de voyageurs qui affichaient des attitudes similaires vis-à-vis des transports publics. Elle a débouché sur une segmentation en quatre groupes (« types ») de voyageurs homogènes au regard de ce critère :

- Type 1 : *Voyageurs craignant la promiscuité* (34 % de l'échantillon). Ces voyageurs craignent davantage que la moyenne la foule, la saleté et les incidents. Voyager debout leur est pénible et ils

estiment avoir droit à une place assise dans les transports publics. Éviter les modes de transport souterrains et rechercher le confort constituent des critères importants dans leurs choix d’itinéraire et de mode de transport quand ils empruntent les transports publics. Dans ce groupe, on retrouve une proportion supérieure à la moyenne i) de femmes, ii) de personnes subissant des contraintes de temps, iii) d’usagers des modes de transport de surface, et iv) de personnes moins mobiles.

- Type 2 : *Voyageurs appréciant d’avoir du temps pour eux* (23 % de l’échantillon). Pour ces voyageurs, le temps passé dans les transports publics est un moment de plaisir et de relaxation parce qu’ils peuvent faire ce qu’ils veulent pendant le trajet. Ils ne sont pas incommodés par les conditions de transport, principalement parce qu’ils ne les empruntent que quand ceux-ci ne sont pas bondés. Dans ce groupe, on retrouve une proportion supérieure à la moyenne i) d’hommes, ii) de retraités, iii) d’usagers des modes de transport de surface, et iv) de personnes se déplaçant en dehors des heures de pointe.
- Type 3 : *Voyageurs voulant gagner du temps* (18 % de l’échantillon). Pour eux, le trajet ne représente pas un moment de plaisir : ils attachent de l’importance à réduire leur temps de trajet et à voyager assis. Dans ce groupe, on retrouve une proportion supérieure à la moyenne i) de femmes, ii) de personnes relativement jeunes, iii) d’étudiants ou de personnes travaillant dans le secteur privé, iv) de voyageurs se déplaçant à des horaires fixes qu’ils ne maîtrisent pas, v) d’usagers des modes de transport souterrains, vi) de voyageurs se déplaçant aux heures de pointe, et vii) de personnes sans permis de conduire.
- Type 4 : *Voyageurs se comportant en individualistes* (25 % de l’échantillon). Le confort, la ponctualité et le temps de trajet n’a aucune influence majeure sur leurs choix. Ils sont relativement insensibles à leur environnement et se préoccupent peu des autres voyageurs. En cas de grande affluence, ils affichent un comportement discourtois. Dans ce groupe, on retrouve une proportion supérieure à la moyenne i) d’hommes, ii) de jeunes, iii) d’étudiants, iv) de voyageurs se déplaçant à des horaires fixes qu’ils ne maîtrisent pas et v) de personnes se déplaçant en dehors des heures de pointe.

Cette typologie montre que les comportements vis-à-vis du confort et de l’affluence varient considérablement d’un groupe de voyageurs à l’autre. Deux raisons fondamentales peuvent expliquer ces différences, à savoir :

1. La possibilité pour différents voyageurs de choisir entre différents modes, itinéraires et heures de départ : Certains voyageurs peuvent choisir quand et comment (mode de transports collectifs ou individuels) ils se déplacent. D’autres subissent des contraintes plus fortes et ne disposent pas d’un tel choix : ils doivent se déplacer en transports publics et/ou le faire à un moment bien déterminé.
2. Des différences de caractères intrinsèques d’un voyageur à l’autre : Certaines personnes sont moins sensibles que d’autres à l’inconfort et aux désagréments des transports publics.

## Analyse des préférences déclarées

Quand nous avons analysé les réponses aux questionnaires, nous avons noté qu’un pourcentage relativement élevé d’usagers des transports publics indiquaient être disposés à attendre quelques minutes pour voyager dans un train moins bondé : entre 13 % quand le train à quai est à peine rempli et 75 % quand le train à quai est bondé et que des places assises sont disponibles dans le train suivant. Intuitivement, ce pourcentage nous paraissait quelque peu élevé.

Nous avons analysé les choix des usagers des transports publics au cours d’expériences de préférences déclarées afin de déterminer des coefficients d’utilité pour chacune des variables de qualité de service, en utilisant des méthodes discrètes d’analyse des choix, dans le cas présent, la méthode logit par estimation du maximum de vraisemblance (voir, par exemple, Ben-Akiva et Lerman 1985). Nous avons testé un grand nombre de spécifications de modèles différentes. Nous présentons ci-après certaines des conclusions les plus intéressantes.

### Niveau d’affluence dans le premier train par rapport au train suivant

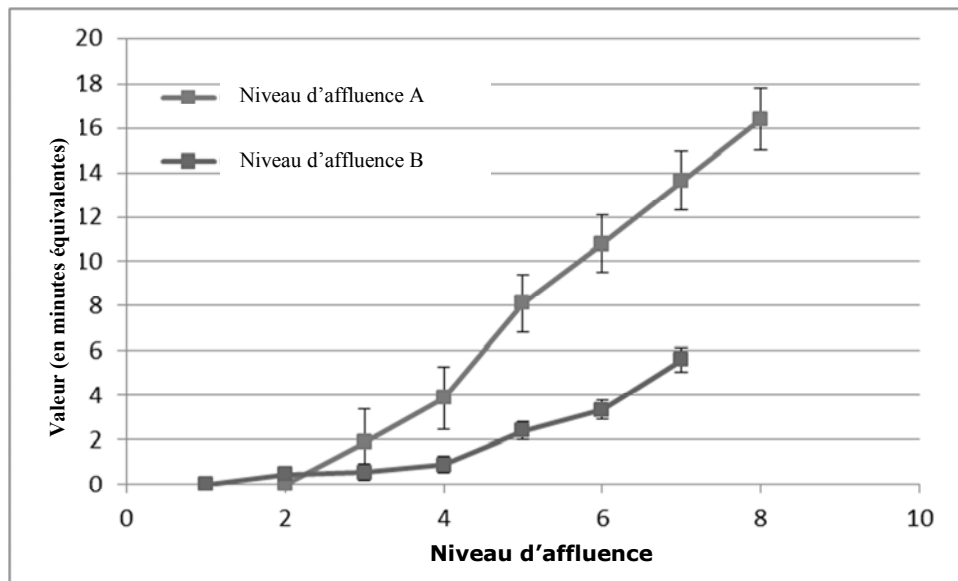
Dans un premier modèle très simple, nous avons estimé les coefficients pour les seules données de l’expérience PD1 :

- Sept constantes pour les niveaux d’affluence (niveaux 2 – 8) du premier train<sup>1</sup>. Le niveau le plus bas a été contraint à zéro ;
- Sept constantes pour les niveaux d’affluence (niveaux 1 – 7) du train suivant. Le niveau le plus bas a aussi été contraint à zéro ;
- Un coefficient linéaire pour le temps d’attente entre le premier train et le suivant ; et
- Une constante traduisant une préférence intrinsèque pour attendre le train suivant (c’est-à-dire une constante spécifique à l’alternative).

Tous les coefficients présentaient le signe attendu et étaient très significatifs. Le coefficient s’avérait nettement plus sensible au niveau d’affluence du premier train qu’à celui du train suivant. Le choix des voyageurs se fondait principalement sur le niveau d’affluence du premier train, comme le montre le graphique 3. Il convient de noter que dans cette figure, les coefficients d’affluence ont été divisés par les coefficients de temps d’attente pour faciliter l’interprétation selon l’axe vertical. On observe une légère inflexion à la hausse des valeurs de l’affluence pour le premier train et le suivant entre les niveaux d’affluence 4 et 5, ce qui correspond précisément à la transition vers une situation où le voyageur ne peut plus s’asseoir où il le souhaite.

La valeur de la constante équivalait à 5.2 minutes de temps d’attente, ce qui peut être interprété comme une préférence marquée pour le choix d’attendre le train suivant, toutes choses égales par ailleurs. À ce stade de l’analyse, on ignore s’il s’agit d’un effet réel ou simplement d’une manifestation du profond mécontentement des répondants quand ils sont confrontés à des trains bondés.

Graphique 5.3 Coefficients d’affluence estimés



### Constante par voyage ou multiplicateur du temps de trajet

On peut exprimer la désutilité de l’affluence par une constante par voyage (ou pénalité), comme au paragraphe précédent, ou par un multiplicateur du temps de trajet. Dans le premier type de spécification, on suppose que l’effet de l’affluence est indépendant de la durée du trajet et dans le deuxième, qu’il est proportionnel au temps de trajet. Cette dernière spécification semble intuitivement séduisante : en effet, plus le trajet est long, plus le confort compte. Toutefois, il est rare que des voyageurs effectuant de longs trajets ne trouvent pas de siège libre à un quelconque moment du parcours, si bien que l’affluence n’entraîne pas un désagrément constant sur toute la durée du trajet.

Par conséquent, nous avons bâti un deuxième modèle, toujours pour les seules données de l’expérience PD 1, avec les coefficients estimés suivants :

- (niveaux 2 – 8) du premier train. Le niveau le plus bas a été contraint à zéro ;
- Sept coefficients pour le temps de trajet, correspondant chacun à un niveau d’affluence particulier (niveaux 1 – 7) du train suivant. Le niveau le plus bas a aussi été contraint à zéro ;
- Un coefficient linéaire pour le temps d’attente entre le premier train et le suivant ;
- Une constante traduisant une préférence intrinsèque pour attendre le train suivant (c’est-à-dire une constante spécifique à l’alternative) ; et
- Un coefficient pour le temps de trajet traduisant une préférence intrinsèque pour attendre le train suivant proportionnelle au temps de trajet.

Le tableau 5.3 présente les résultats de l’estimation pour les deux modèles. Nous sommes parvenus à la conclusion que du point de vue statistique, la constante par voyage correspondait nettement mieux aux données de choix déclarés que le multiplicateur.

Tableau 5.3 Coefficients estimés pour le modèle à constantes et pour le modèle proportionnel

	MODÈLE À CONSTANTES		MODÈLE PROPORTIONNEL	
observations		7638		7638
Final log (L)		-4477.9		-4645.3
D.O.F.		14		15
Rho <sup>2</sup> (0)		0.154		0.123
Rho <sup>2</sup> (c)		0.141		0.109
Time_Wait	-0.2425	(-24.9)	-0.2160	(-23.0)
CrowdLvA2	0	(*)	0	(*)
CrowdLvA3	-0.4615	(-1.3)	-0.04453	(-2.5)
CrowdLvA4	-0.9425	(-2.9)	-0.06402	(-3.9)
CrowdLvA5	-1.969	(-6.3)	-0.08944	(-5.6)
CrowdLvA6	-2.615	(-8.4)	-0.1104	(-6.9)
CrowdLvA7	-3.304	(-10.7)	-0.1279	(-8.0)
CrowdLvA8	-3.975	(-12.8)	-0.1452	(-9.1)
CrowdLvB1	0	(*)	0	(*)
CrowdLvB2	-0.1083	(-1.2)	-0.00484	(-1.5)
CrowdLvB3	-0.1353	(-1.5)	-0.00553	(-1.7)
CrowdLvB4	-0.2172	(-2.4)	-0.00752	(-2.3)
CrowdLvB5	-0.5858	(-6.2)	-0.01868	(-5.5)
CrowdLvB6	-0.8149	(-8.1)	-0.02493	(-7.0)
CrowdLvB7	-1.359	(-10.5)	-0.04303	(-9.5)
ASC_Wait	-1.273	(-4.3)	1.080	(16.5)

Source: Auteurs

Dans le tableau 5.3, Time\_Wait représente le temps d’attente, CrowdLvA2 l’utilité au niveau d’affluence 2 pour le véhicule A (premier véhicule), CrowdLvB1 l’utilité au niveau d’affluence 1 pour le véhicule B (véhicule suivant), etc. ; ASC\_Wait représente une préférence pour l’attente constante et ASC\_WaitP une préférence pour l’attente proportionnelle au temps de trajet.

Il ne fait aucun doute que le modèle à constantes correspond beaucoup mieux aux données que le modèle proportionnel, bien que ce dernier intègre un coefficient supplémentaire. Nous sommes parvenus à la même conclusion dans le cas de l’expérience PD 2. Nous avons également testé un modèle simultané intégrant à la fois des constantes et des coefficients proportionnels au temps de trajet.

Le résultat est remarquable en cela que la quasi-totalité des études menées au Royaume-Uni et plusieurs études réalisées dans d’autres pays expriment la désutilité de l’affluence par un multiplicateur du temps de trajet.

### Estimation simultanée à partir des données de PD 1 et PD 2

Nous avons bâti des modèles distincts pour chacune des expériences PD 1 et PD 2, puis testé un modèle commun unique en exploitant simultanément les deux séries de données. Il est apparu que quel que soit le niveau d’affluence, il n’existait aucune différence significative entre les valeurs d’affluence obtenues au cours des deux expériences, sous réserve d’appliquer à chaque expérience des facteurs d’échelle distincts

pour tenir compte des différences en termes d’erreur. Par conséquent, nous avons utilisé un modèle simultané pour obtenir les coefficients finaux à appliquer.

Tableau 5.4 Coefficients estimés pour chacun des modèles et pour le modèle simultané

	PD 1	PD 2	PD 1+2
Observations	7638	13116	20754
Final log (L)	-4477.9	-7755.3	-12241.5
D.O.F.	14	15	18
Rho <sup>2</sup> (0)	0.154	0.147	0.149
Rho <sup>2</sup> (c)	0.141	0.141	0.141
Time	0 (*)	-0.1767 (-28.9)	-0.1768 (-29.0)
Time_Wait	-0.2425 (-24.9)	0 (*)	-0.1643 (-16.8)
CrowdLvA2	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvA3	-0.4615 (-1.3)	-0.3482 (-1.0)	-0.3291 (-1.6)
CrowdLvA4	-0.9425 (-2.9)	-0.8730 (-2.5)	-0.6973 (-3.7)
CrowdLvA5	-1.969 (-6.3)	-1.335 (-4.3)	-1.345 (-7.3)
CrowdLvA6	-2.615 (-8.4)	-1.798 (-5.8)	-1.796 (-9.6)
CrowdLvA7	-3.304 (-10.7)	-2.210 (-7.1)	-2.238 (-11.8)
CrowdLvA8	-3.975 (-12.8)	-2.734 (-8.8)	-2.723 (-13.8)
CrowdLvB1	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvB2	-0.1083 (-1.2)	-0.2910 (-3.8)	-0.1534 (-3.2)
CrowdLvB3	-0.1353 (-1.5)	-0.2965 (-3.8)	-0.1670 (-3.5)
CrowdLvB4	-0.2172 (-2.4)	-0.3627 (-4.6)	-0.2280 (-4.6)
CrowdLvB5	-0.5858 (-6.2)	-0.3915 (-5.4)	-0.3745 (-7.6)
CrowdLvB6	-0.8149 (-8.1)	-0.7417 (-9.7)	-0.6375 (-11.6)
CrowdLvB7	-1.359 (-10.5)	-1.066 (-11.5)	-0.9783 (-13.9)
ASC_Wait	-1.273 (-4.3)		0.8292 (4.9)
ASC_Q		0.7128 (2.4)	0.7938 (4.4)
StandDum2		-0.6625 (-20.1)	-0.6477 (-20.6)
Scale3	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)
Scale2A	1.000 (*)	1.000 (*)	1.474 (18.7)

Source: Auteurs

Quelques mots des différentes variables de temps intégrées aux expériences PD 1 et PD 2 : PD 1 prenait en compte des temps d’attente et PD 2 des temps de trajet. Le rapport entre les coefficients de temps d’attente et les coefficients de temps de trajet peut être calculé à partir des valeurs du modèle simultané PD 1+2 en multipliant le coefficient de temps d’attente « Time\_Wait » par le coefficient d’échelle « Scale2A », puis en divisant le résultat par le coefficient de temps de trajet « Time ». On obtient une valeur égale à 1.37, qui peut paraître un peu faible mais correspond globalement à l’ordre de grandeur attendu.

## Différences entre les types de voyageurs

Dans la section « Typologie en fonction des attitudes », nous sommes parvenus à la conclusion que l’on pouvait distinguer les quatre types de répondants en fonction de leur attitude. Nous avons analysé l’hétérogénéité des résultats en utilisant une série de variables socio-économiques diverses, un certain nombre de caractéristiques du déplacement et la typologie présentée dans la section « Typologie en fonction des attitudes ». Nous en avons conclu que globalement, les variations des résultats d’un groupe de voyageurs à l’autre restaient faibles, mais que les différences les plus marquées apparaissaient en termes de typologie. Nous présentons, ci-après, les résultats obtenus pour les quatre groupes définis.

Les voyageurs de type 1, qui craignent la promiscuité, présentaient une nette aversion aux autres voyageurs : dans ce groupe, la désutilité est significative dès le niveau d’affluence 4, la pénalité associée au voyage debout y est la plus élevée (4.6 minutes) et un pourcentage relativement élevé des voyageurs de ce type (53 %) attendront le train suivant s’ils peuvent profiter d’une réduction du niveau d’affluence de 8 à 4.

Les voyageurs de type 4, qui se comportent en individualistes, comptaient également parmi eux un pourcentage relativement élevé de voyageurs (55 %) disposés à attendre pour profiter d’une réduction du niveau d’affluence de 8 à 4.

Les voyageurs de type 3, qui veulent gagner du temps, affichent des préférences relativement différentes : ils n’aiment évidemment pas l’attente (la pénalité associée à l’attente est élevée) et relativement peu d’entre eux (40 %) sont donc disposés à attendre un véhicule de transports publics moins bondé. Cependant, la différence par rapport aux types 1 et 4, deux types à l’autre extrémité du spectre, n’est pas énorme en termes absolus.

Les voyageurs de type 2, qui aiment avoir du temps pour eux, se situent entre les types 3 et 4 en termes de pourcentage de voyageurs disposés à attendre un véhicule moins congestionné (50 %). Ils ne semblent pas particulièrement incommodés d’attendre le prochain véhicule, ni de voyager debout.

Globalement, il existe évidemment des différences entre les quatre types de voyageurs en termes de préférences pour éviter l’affluence, qui s’avèrent plausibles et cohérentes avec la définition des types de voyageurs, mais elles ne sont pas considérables.

Tableau 5.5 Coefficients estimés pour chaque type de voyageurs

	TOUS VOYAGEURS	TYPE 1 CRAINT LA PROMISCUITE	TYPE 2 PROFITE DU TEMPS	TYPE 3 VEUT GAGNER DU TEMPS	TYPE 4 SE COMPORTE EN INDIVIDUALISTE
Observations	20754	7198	5007	3858	4691
Final log (L)	-12241.5	-3982.1	-2953.3	-2261.1	-2858.1
D.O.F.	18	18	18	18	18
Rho <sup>2</sup> (0)	0.149	0.202	0.149	0.154	0.121
Rho <sup>2</sup> (c)	0.141	0.186	0.142	0.151	0.104
Time	-0.1768 (-29.0)	-0.1847 (-17.2)	-0.1911 (-15.2)	-0.2067 (-14.2)	-0.1391 (-11.2)
Time_Wait	-0.1643 (-16.8)	-0.1777 (-10.1)	-0.1701 (-8.9)	-0.1812 (-7.3)	-0.1418 (-6.9)
CrowdLvA2	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvA3	-0.3291 (-1.6)	-0.4204 (-1.3)	-0.1481 (-0.3)	-1.268 (-1.8)	0.5137 ( 1.1)
CrowdLvA4	-0.6973 (-3.7)	-0.8340 (-2.6)	-0.6195 (-1.6)	-1.419 (-2.0)	0.1506 ( 0.4)
CrowdLvA5	-1.345 (-7.3)	-1.446 (-4.6)	-1.344 (-3.6)	-2.257 (-3.2)	-0.4335 (-1.1)
CrowdLvA6	-1.796 (-9.6)	-2.060 (-6.4)	-1.656 (-4.4)	-2.567 (-3.6)	-0.9738 (-2.5)
CrowdLvA7	-2.238 (-11.8)	-2.500 (-7.6)	-2.260 (-5.9)	-2.936 (-4.0)	-1.343 (-3.4)
CrowdLvA8	-2.723 (-13.8)	-2.912 (-8.5)	-2.936 (-7.4)	-3.419 (-4.6)	-1.775 (-4.5)
CrowdLvB1	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvB2	-0.1534 (-3.2)	-0.1862 (-2.2)	0.00201 ( 0.0)	-0.1425 (-1.4)	-0.3096 (-2.9)
CrowdLvB3	-0.1670 (-3.5)	-0.2701 (-3.1)	-0.00709 (-0.1)	-0.1621 (-1.6)	-0.1886 (-1.8)
CrowdLvB4	-0.2280 (-4.6)	-0.3076 (-3.4)	-0.1591 (-1.5)	-0.2120 (-2.1)	-0.2405 (-2.2)
CrowdLvB5	-0.3745 (-7.6)	-0.4859 (-5.4)	-0.2527 (-2.5)	-0.3848 (-3.7)	-0.3543 (-3.3)
CrowdLvB6	-0.6375 (-11.6)	-0.7561 (-7.6)	-0.4859 (-4.4)	-0.6634 (-5.4)	-0.6627 (-5.7)
CrowdLvB7	-0.9783 (-13.9)	-1.018 (-8.2)	-0.9339 (-6.4)	-0.9667 (-6.2)	-1.037 (-6.7)
ASC_Wait	0.8292 ( 4.9)	0.6939 ( 2.4)	1.065 ( 3.0)	1.782 ( 2.6)	-0.09981 (-0.3)
ASC_Q	0.7938 ( 4.4)	0.6585 ( 2.1)	1.006 ( 2.7)	1.754 ( 2.5)	-0.03105 (-0.1)
StandDum2	-0.6477 (-20.6)	-0.8457 (-14.9)	-0.5516 (-8.6)	-0.7337 (-10.0)	-0.4390 (-6.9)
Scale3	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)
Scale2A	1.474 (18.7)	1.470 (10.9)	1.395 (10.3)	1.762 ( 7.7)	1.314 ( 8.3)
Pénalité associée à l’attente	1.37	1.41	1.24	1.54	1.34
Pénalité associé au fait de voyager debout (en minutes de temps de trajet équivalent)	3.66	4.58	2.89	3.55	3.16
Différence d’utilité liée à l’affluence entre A8 et A4 (en minutes de temps de trajet équivalent)					
A8-A4	11.5	11.3	12.1	9.7	13.8
Pourcentage de voyageurs qui attendent 10 minutes pour passer de A8 à B4	51%	53%	50%	40%	55%

Source: Auteurs

### Coefficients à appliquer

Ayant constaté que la constante par voyage expliquait mieux l’effet de l’affluence sur les choix déclarés que le multiplicateur du temps de trajet, nous avons toutefois calculé une série de coefficients à appliquer, en nous basant sur la spécification d’un multiplicateur du temps de trajet. S’il est possible d’intégrer des pénalités associées à l’affluence proportionnelles au temps de trajet dans les modèles utilisés pour les évaluations, l’utilisation de pénalités constantes est en revanche plus compliquée dans la pratique. Cela tient à l’emploi d’un logiciel d’allocation des transports publics et à l’incertitude concernant l’application des constantes pour les correspondances (faut-il appliquer une pénalité associée au bus une ou deux fois, pour une correspondance entre deux bus ?). En outre, pour les analyses coûts-avantages, on connaît souvent le taux d’occupation entre différents arrêts mais non le nombre exact de voyageurs qui montent ou descendent à chaque station.



Les coefficients à appliquer sont présentés dans le tableau 5.6 ci-dessous, pour l'ensemble des modes de transports publics agrégés, hors bus, et pour différents types de combinaisons de modes de transport. Nous avons contraint à zéro les coefficients pour les niveaux d'affluence 1, 2 et 3, ces valeurs n'étant pas significatives.

Tableau 5.6 Coefficients estimés pour chaque mode de transport dans le cas d'un modèle proportionnel

	TOUS MODES HORS BUS	METRO	TRAIN+RER	BUS+TRAMWAY
Observations	20754	4490	7668	8596
Final log (L)	-12534.9	-2737.7	-4471.1	-5266.4
D.O.F.	14	14	14	14
Rho <sup>2</sup> (0)	0.129	0.120	0.159	0.116
Rho <sup>2</sup> (c)	0.120	0.110	0.145	0.110
Time	-0.1473 (-24.4)	-0.1535 (-11.8)	-0.1514 (-15.2)	-0.1434 (-15.2)
Time_Wait	-0.1311 (-12.3)	-0.1219 (-5.4)	-0.1513 (-7.9)	-0.1384 (-7.8)
CrowdLvA23	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvPP	-0.01217 (-15.8)	-0.01187 (-6.3)	-0.01100 (-10.7)	-0.01465 (-9.8)
CrowdLvB1	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvB24	-0.00392 (-3.1)	-0.00254 (-1.0)	-0.00539 (-2.8)	-0.00282 (-1.2)
CrowdLvB5	-0.01044 (-6.4)	-0.00630 (-2.1)	-0.01350 (-5.5)	-0.00813 (-2.8)
CrowdLvB6	-0.01620 (-9.0)	-0.01263 (-3.5)	-0.01770 (-6.6)	-0.01680 (-5.2)
CrowdLvB7	-0.02599 (-11.1)	-0.01608 (-3.5)	-0.02762 (-8.0)	-0.03068 (-7.2)
StandDum1	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
StandDum2	-0.01495 (-6.2)	-0.01553 (-2.8)	-0.01377 (-4.1)	-0.01634 (-3.6)
StandDumPP	-0.00330 (-3.5)	-0.00220 (-1.1)	-0.00375 (-2.9)	-0.00333 (-1.9)
StandDum3	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
ASC_Q	-0.9021 (-20.9)	-0.8900 (-9.8)	-0.9780 (-12.8)	-0.9062 (-13.5)
ASC_QP	0.03307 (11.6)	0.03861 ( 5.4)	0.02608 ( 6.8)	0.04513 ( 8.1)
ASC_Wait	0.6460 (10.7)	0.5277 ( 5.0)	1.001 ( 7.4)	0.6132 ( 6.5)
ASC_WaitP	-0.03080 (-12.4)	-0.03645 (-5.7)	-0.02796 (-7.7)	-0.03893 (-8.2)
Scale3	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)
Scale2A	1.645 (13.2)	2.088 ( 5.6)	1.546 ( 8.7)	1.616 ( 8.2)

Source: Auteurs

Les multiplicateurs à appliquer seront calculés pour l'ensemble des modes de transports publics agrégés, mais aussi pour le métro seul, le train+RER (c'est-à-dire les trains régionaux), le bus+tramway. Les résultats figurent dans le tableau 7. Il convient de noter que ces valeurs sont basées sur le niveau d'affluence dans le premier train uniquement.

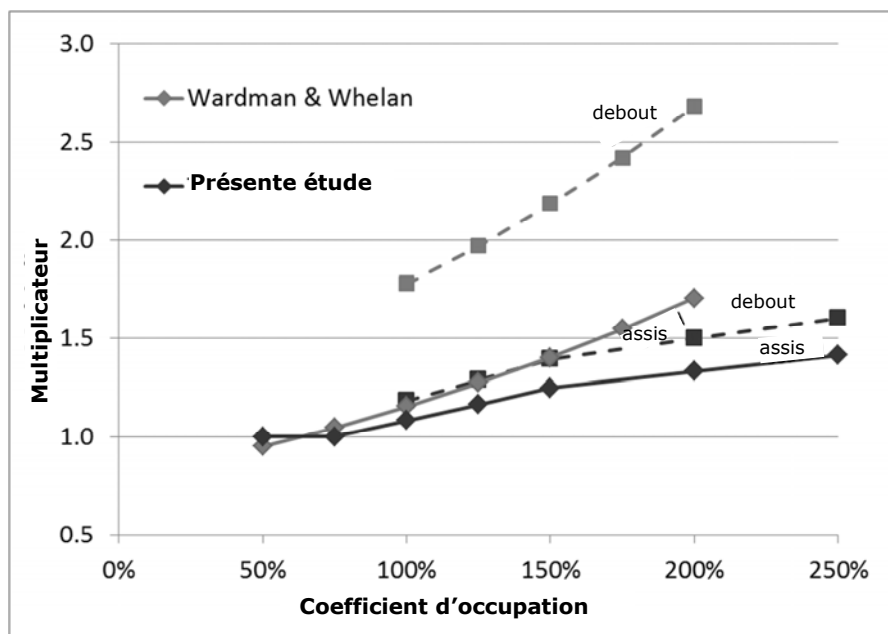
Tableau 5.7 **Multiplicateurs du temps de trajet en fonction du niveau d’affluence pour différents modes de transports publics franciliens**

Niveau d’affluence	Tous modes		Métro		Train+RER		Bus+Tramway	
	Assis	Debout	Assis	Debout	Assis	Debout	Assis	Debout
1	1.000		1.000	<sup>2</sup>	1.000		1.000	
2	1.000		1.000		1.000		1.000	
3	1.000		1.000		1.000		1.000	
4	1.083		1.077		1.073		1.102	
5	1.165	1.289	1.155	1.270	1.145	1.261	1.204	1.342
6	1.248	1.394	1.232	1.362	1.218	1.358	1.307	1.467
7	1.330	1.499	1.309	1.453	1.290	1.456	1.409	1.593
8	1.413	1.604	1.386	1.545	1.363	1.553	1.511	1.718

Source: Auteurs

Ces multiplicateurs peuvent être comparés à ceux calculés par Wardman et Whelan (2011) pour les trajets ferroviaires (sur de plus longues distances) au Royaume-Uni. Pour les niveaux d’affluence 5, 6, et 7 quand on voyage debout, ils ont déterminé des valeurs égales à 1,97, 2,19 et 2,69, respectivement, nettement plus élevées que celles que nous avons obtenues (voir graphique 4). En outre, le Professeur Wardman (2012) avait précédemment indiqué que les valeurs de l’étude menée au Royaume-Uni, basées sur les préférences déclarées, lui semblaient intuitivement relativement élevées.

Nos résultats ne peuvent être directement comparés à ceux obtenus au cours des études précédentes menées à Paris (Haywood et Koning 2011, Kroes et al. 2006), car ces chercheurs n’avaient pas calculé de multiplicateurs du temps de trajet. Cependant, une fois converties dans les mêmes unités que celles employées dans ces études, nos valeurs finales se sont avérées cohérentes avec ces résultats.

Graphique 5.4 **Comparaison entre les multiplicateurs obtenus dans la présente étude et ceux rapportés par Wardman et Whelan 2011**

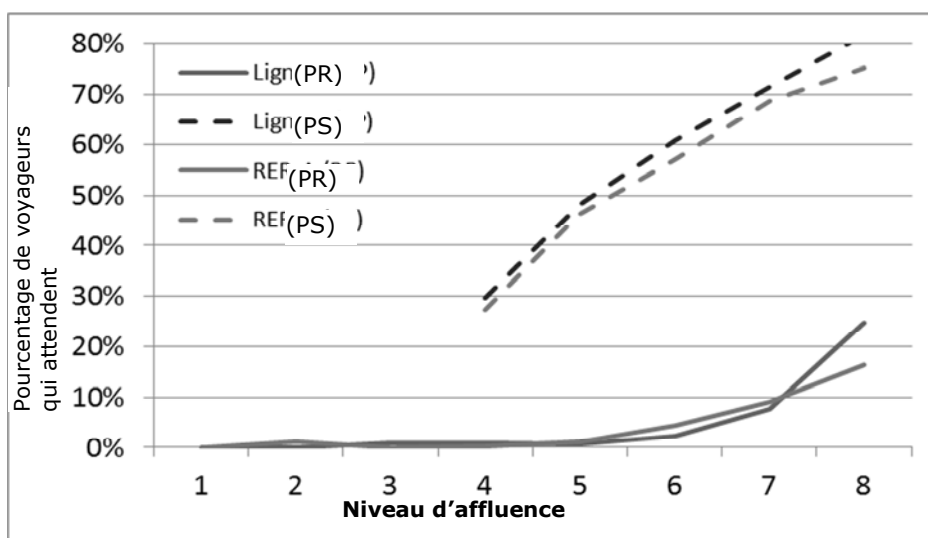
Source: Auteurs

## Analyse des préférences révélées

Nous avons cherché à valider les résultats de notre enquête de préférences déclarées en situation réelle (préférences révélées). Nous avons identifié certains lieux où les voyageurs des transports publics se livraient à des arbitrages entre temps d'attente et niveau d'affluence comparables aux scénarios de l'expérience PD1. Deux branches de la même ligne ferroviaire convergent juste avant les stations Maison Blanche et Tolbiac (ligne 7 du métro) et juste avant la station Vincennes (RER A). La fréquence des rames est identique sur les deux lignes, mais la fréquentation y est très différente. Par conséquent, des rames bondées et moins bondées alternent systématiquement à l'heure de pointe matinale (en direction du centre de Paris). On s'attend à ce que les voyageurs qui connaissent bien ces lieux soient conscients de cette alternance et donc, du fait que des rames bondées seront vraisemblablement suivies d'une rame beaucoup moins occupée.

Pendant 12 jours, nous avons compté le nombre de voyageurs qui montaient directement dans les rames bondées et le nombre de voyageurs qui attendaient la rame suivante (moins occupée). Cela nous a permis de déterminer les pourcentages réels de voyageurs qui attendaient la rame suivante, en fonction du niveau d'affluence de la première rame et de la rame suivante, et pour des temps d'attente courts entre deux rames consécutives. Nous avons interrogé les voyageurs sur les motifs de leur attente, afin de corriger les pourcentages observés en tenant compte des personnes qui attendaient pour des motifs valables sans rapport avec le niveau d'affluence (par exemple, destination non desservie par une rame donnée). Le pourcentage de voyageurs qui attendent, obtenu après correction, variait entre 0 %, quand la rame à quai était à peine remplie, et environ 25 %, quand elle était bondée (voir graphique 5.5).

Graphique 5.5 **Pourcentage de voyageurs qui attendent la rame suivante en fonction du niveau d'affluence de la rame à quai**



Source: Auteurs

Le graphique 5.5 montre également le pourcentage de voyageurs qui attendent la rame suivante, obtenu à partir des modèles de préférences déclarées. Il en ressort que les pourcentages de voyageurs qui attendent la rame suivante en situation réelle sont nettement inférieurs à ceux obtenus à partir des données de préférences déclarées. Il existe donc une différence notable entre les réponses à l’enquête de préférences déclarées et les préférences révélées découlant de l’observation. Nous examinerons quelles peuvent en être les raisons dans la section suivante.

## **Analyse des résultats et valeurs d’affluence obtenues**

À ce stade se pose la question du choix des valeurs à appliquer pour l’évaluation socio-économique : les valeurs obtenues à partir des pourcentages apparemment élevés associés aux préférences déclarées ou celles des pourcentages nettement plus faibles associés aux préférences révélées ? Après mûre réflexion, nous sommes parvenus au raisonnement exposé ci-après.

Il pourrait être utile, voire indispensable, de corriger les résultats des expériences de préférences déclarées dans l’optique d’une analyse par constantes, pour un certain nombre de raisons, à savoir : l’existence possible d’un biais associé aux préférences déclarées et dans les questions portant sur les préférences déclarées, le niveau d’affluence a été supposé constant sur l’ensemble du trajet et les répondants connaissaient avec une certitude de 100 % les niveaux d’affluence dans le premier véhicule et dans le véhicule suivant ainsi que le temps d’attente précis.

Les données de préférences révélées pourraient aussi être faussées, pour plusieurs raisons, à savoir : tous les voyageurs ne savaient pas que la rame suivante serait vraisemblablement moins occupée et, dans la réalité, les voyageurs n’ont aucune certitude sur le temps d’attente et le niveau d’affluence de la rame suivante<sup>2</sup>.

Ainsi, dans la réalité, il est possible que seuls les voyageurs aguerris décident d’attendre et, quand bien même, ils n’auraient aucune certitude sur les coûts (temps d’attente) et les avantages (amélioration du niveau d’affluence). Cela contribuerait sans doute un nombre de voyageurs qui attendent le véhicule suivant inférieur à celui associé à la situation idéale théorique permettant de déterminer la valeur de l’affluence, qui serait mesurée quand il existe une certitude sur les variables d’arbitrage (temps d’attente vs. diminution du niveau d’affluence).

En fin de compte, les données de préférences déclarées peuvent être sujettes à erreur, mais le sens et l’ampleur de cette erreur ne sont pas évidents. Les données de préférences révélées peuvent aussi être sujettes à erreur, mais le sens de l’erreur est plus évident dans ce cas : le nombre de voyageurs attendant le véhicule suivant serait inférieur à celui associé à la situation d’arbitrage idéale permettant de déterminer la valeur de l’affluence.

Quant à savoir quels résultats, ceux liés découlant des préférences déclarées ou ceux découlant des préférences révélées, se rapprochent le plus de la véritable valeur de l’affluence, nous serions tentés de répondre que :

- La valeur réelle de l’affluence se situe vraisemblablement entre les valeurs découlant des préférences déclarées et celles découlant des préférences révélées ;
- En théorie, la valeur réelle de l’affluence pourrait même être supérieure aux valeurs découlant des préférences déclarées ;

- Cependant, il est extrêmement peu vraisemblable que la valeur réelle de l’affluence se révèle inférieure aux valeurs découlant des préférences révélées ; bien au contraire, il est quasi-certain que ces dernières sous-estiment la valeur réelle de l’affluence ;
- En fin de compte, nous pensons que la valeur obtenue à partir des préférences déclarées est vraisemblablement la plus proche de la valeur réelle de l’affluence.

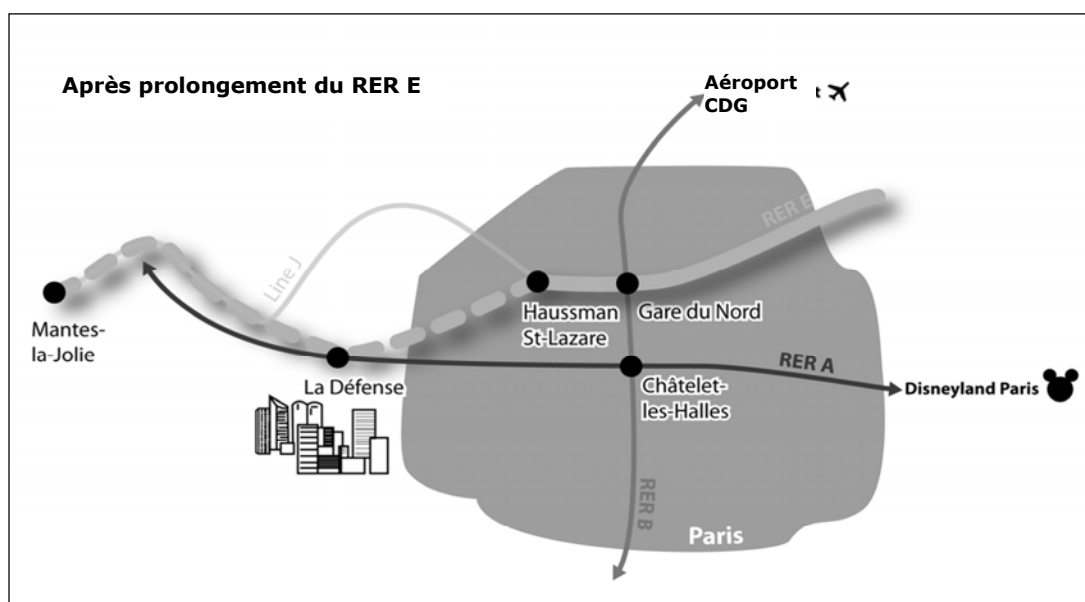
Nous sommes donc parvenus à la conclusion qu’il fallait utiliser les valeurs calculées à partir des préférences déclarées pour l’évaluation socio-économique.

## Exemple d’application de l’analyse coûts-avantages

### Projet d’extension du RER E

Les valeurs d’affluence obtenues, présentées dans le Tableau 5, ont été appliquées à un projet spécifique, à savoir l’extension la ligne ferroviaire régionale du RER E vers la banlieue ouest de Paris (voir graphique 6). Le tunnel souterrain sera prolongé vers le quartier des affaires de La Défense et raccordé à une ligne ferroviaire de banlieue existante, laquelle sera modernisée. Cela constituera une alternative à la ligne de RER A, dont une partie s’étire parallèlement au prolongement du RER E. À l’extrémité ouest, la ligne desservira le territoire Seine Aval et renforcera les projets de régénération urbaine et de développement économique prévus dans cette région. On estime le coût d’investissement du prolongement du RER E entre 3.1 et 3.5 milliards d’euros. Le projet a reçu le feu vert à l’issue de l’enquête publique réalisée en 2012. Il devrait entrer en service en 2020.

Graphique 5.6 **RER A, RER B, RER E et prolongement (en pointillés) de leur section centrale en Île-de-France**



Source: STIF

## Estimation de la réduction de l’inconfort découlant du projet

L’estimation de la réduction de l’inconfort des voyageurs empruntant les lignes de RER A et B après le prolongement du RER E s’appuie sur les étapes suivantes :

### Étape 1 : Prévision de trafic

Un modèle de demande a été utilisé pour estimer le nombre de voyageurs à l’heure de pointe matinale pour chaque liaison entre deux stations, avec et sans prolongement. Seuls les tronçons des lignes de RER A et B, où l’on a observé des niveaux d’affluence élevés, devraient connaître des impacts importants et ont été sélectionnés pour l’analyse. Le projet entraînera une diminution du trafic sur ces liaisons (voir tableau 8).

Tableau 5.8 **Résultats de la modélisation du trafic avec et sans prolongement du RER E**  
(prévision pour une heure de pointe matinale en 2020)

Ligne et direction	De	À	Volume de trafic		Variation (%)
			Sans prolongement	Avec prolongement	
RER A ouest	Vincennes	Nation	35 300	34 900	-1 %
	Nation	Gare de Lyon	37 100	36 500	-2 %
	Gare de Lyon	Châtelet-Les H.	44 700	39 400	-3 %
	Châtelet-Les H.	Auber	44 700	39 400	-12 %
	Auber	Étoile	40 600	32 300	-20 %
	Étoile	La Défense	37 000	28 700	-23 %
RER A est	La Défense	Étoile	24 100	20 400	-15 %
RER B sud	Gare du Nord	Châtelet-Les H.	27 400	24 800	-9 %

### Étape 2 : Calcul des avantages en termes de temps de trajet équivalent

Les niveaux de trafic ont été traduits en niveaux d’affluence de 1 à 8, utilisés pour les enquêtes de préférences déclarées. Au niveau 4, toutes les places assises sont occupées et au niveau 8, de surcroît, des personnes voyagent debout et la capacité maximale du véhicule est atteinte.

Les résultats des enquêtes de préférences déclarées ont permis de déterminer des multiplicateurs à appliquer au temps de trajet réel pour obtenir les temps de trajet perçus en fonction du niveau d’affluence dans un véhicule. Dans le cas spécifique du RER E, on a utilisé les coefficients correspondant au mode de transports publics « RER » (voir tableau 2). Pour les calculs relatifs au projet du RER E, il fallait connaître les capacités futures attendues pour les RER A et B :

- Pour le RER A, on considère une capacité aux heures de pointe de 62 400 voyageurs par heure en direction de l’ouest et de 52 000 voyageurs par heure en direction de l’est, les places assises représentant 36 % de la capacité voyageurs totale dans les deux directions.
- Pour le RER B, la capacité aux heures de pointe, soit 28 600 voyageurs par heure, est identique dans les deux directions, les places assises représentant 26 % de la capacité voyageurs totale.

La variation du temps de trajet perçu par les voyageurs est calculée à partir de la formule suivante :

$$\Delta \text{Temps}_{\text{perçu}} = (N_{\text{VOYassisavant}} \cdot \alpha_{\text{assisavant}} + N_{\text{VOYdeboutavant}} \cdot \alpha_{\text{deboutavant}}) - (N_{\text{VOYassisaprès}} \cdot \alpha_{\text{assisaprès}} + N_{\text{VOYdeboutaprès}} \cdot \alpha_{\text{deboutaprès}})$$

où  $\Delta \text{Temps}_{\text{perçu}}$  représente la variation du temps de trajet perçu avant et après le projet,  $N_{\text{VOYassisavant}}$  le nombre de voyageurs assis avant le projet et  $\alpha_{\text{assisavant}}$  le multiplicateur du nombre de voyageurs assis avant le projet, etc. Les calculs sont effectués liaison par liaison et les résultats sommés pour obtenir la valeur totale. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.9 ci-dessous.

Tableau 5.9 **Temps de trajet perçu avec et sans prolongement du RER E à l'heure de pointe matinale en tenant compte de l'affluence pour tous les voyageurs, par liaison**

Ligne et direction	de	À	Temps de trajet (min.)	Temps de trajet perçu (heures)	
				Sans prolongement	avec prolongement
RER A ouest	Vincennes	Nation			
	Nation	Gare de Lyon			
	Gare de Lyon	Châtelet-Les H.			
	Châtelet-Les H.	Auber			
	Auber	Étoile			
RER A est	Étoile	La Défense			
RER B sud	Gare du Nord	Châtelet-Les H.			
<b>Total</b>					

Au total, au cours d'une heure de pointe matinale, la réduction du temps de trajet perçu découlant du projet d'extension du RER E est estimée à 1 239 heures-voyageur. Pour extrapoler ce résultat à l'année, ce chiffre a été multiplié par 5 (2 heures de pointe le matin et 3 le soir) pour obtenir la valeur sur une journée, puis par 210 (nombre de jours ouvrables hors congés estivaux) pour obtenir la valeur sur une année, soit un total de 1.3 million d'heures-voyageur gagnées sur une année.

### *Étape 3 : Conversion en avantage monétaire*

En reprenant la valeur du temps standard utilisée pour l'évaluation des projet de transports publics en Île-de-France (17.7 euros par heure, valeur 2010), ces 1.3 millions d'heures ont été converties en un avantage de 23 millions d'euros en année pleine, soit 480 millions d'euros sur une période de 30 ans en appliquant un taux d'actualisation de 8 %. Ce résultat peut être comparé aux coûts d'investissement du projet (entre 3.1 et 3.5 milliards d'euros) et aux coûts d'exploitation (estimés à 88 millions d'euros par an). Pour mémoire, on estimait que ce projet générerait, sur une période de 30 ans, des avantages s'élevant à 6 100 millions d'euros en termes temps de trajet et 2 300 millions d'euros en termes de transfert modal. L'effet en termes d'affluence se traduit par une hausse de 6 % des avantages totaux du projet.

## Conclusions

Cette étude nous a conduits aux conclusions principales suivantes :

1. La décision des voyageurs d’attendre un véhicule de transports publics moins bondé était principalement déterminée par le niveau d’affluence dans le premier véhicule. Le niveau d’affluence (annoncé) dans le véhicule suivant était beaucoup moins important ;
2. La spécification d’une utilité par déplacement constante correspondait beaucoup mieux aux données de choix déclarés que celle d’un multiplicateur du temps de trajet communément retenue dans la documentation spécialisée. Nous avons cependant opté pour la spécification d’un multiplicateur du temps de trajet pour le calcul des coefficients à appliquer. Cependant, ce choix se fondait entièrement sur des raisons pratiques, à savoir la facilité d’application, plutôt que sur des éléments factuels;
3. L’hétérogénéité entre les différents groupes de voyageurs restait relativement faible. Les différences les plus marquées dans la typologie en fonction des attitudes concernaient les préférences en matière d’affluence, le type de voyageurs le plus sensible au temps (type 3) étant, par exemple, nettement moins enclin à attendre un véhicule de transports publics moins encombré que le type de voyageurs craignant la promiscuité (type 1) ;
4. Les données obtenues par les préférences révélées suggéraient une disposition nettement plus faible à attendre des véhicules moins encombrés que celles obtenues par les choix déclarés. Cependant, de nombreuses raisons expliquent pourquoi les données de préférences révélées sous-estimaient la disposition réelle à attendre, et nous avons donc conservé les valeurs obtenues par les choix déclarés sans ajustement à la baisse ;
5. Les valeurs d’affluence obtenues étaient globalement cohérentes avec celles rapportées dans deux autres études menées en Île-de-France. En revanche, elles s’avéraient nettement plus faibles que les valeurs obtenues pour les transports ferroviaires au Royaume-Uni.

Il faudra bien entendu disposer d’un plus large éventail d’études sur la valorisation de l’affluence, réalisées dans des contextes similaires et différents, avant de pouvoir tirer des conclusions plus définitives et générales concernant la valeur de l’affluence dans les transports publics. D’ici là, les résultats que nous avons obtenus serviront à l’évaluation coûts-avantages des projets de transports en Île-de-France.



## Remerciements

Nous tenons à remercier le STIF, qui a financé et supervisé l’étude présentée ici. Les auteurs conservent la seule et entière responsabilité du contenu du présent rapport.

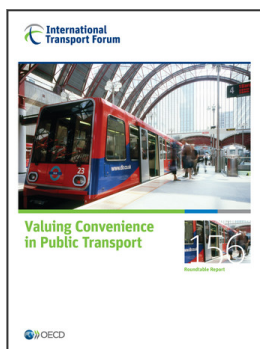
## Notes

1. Dans cette section, nous parlons de premier « train » et de « train » suivant. Cependant, l’analyse portait sur une série de données communes à tous les modes de transports collectifs (train, RER, métro, bus, tramway).
2. On pourrait faire valoir que dans la réalité, il existe toujours une incertitude sur les temps d’attente et les niveaux d’affluence des rames suivantes. Cependant, notre but est de déterminer des valeurs de l’affluence pour évaluer les avantages en termes d’affluence d’une desserte structurellement moins encombrée, ce qui est le cas quand on construit une ligne parallèle ou quand on augmente la fréquence ou la capacité des véhicules. On élimine alors l’incertitude et l’on recherche donc une valeur qui ne soit pas entachée d’incertitude.

## Références

- Baker, J., Murphy, P. et Myers, N. (2007): Placing a value on overcrowding and other rail quality factors, European Transport Conference.
- Ben-Akiva, M. et Lerman, S. (1985): Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand, MIT Press.
- Cox, T., Houdmont, J. et Griffiths, A. (2006): Rail passenger crowding, stress, health and safety in Britain, Transportation Research: part A, 40, 244-258.
- Douglas Economics (2006): Valuing the Cost to Passengers of Train Crowding, Report to RailCorp, avril 2006.

- Haywood, L. et Koning, M. (2011): Pushy Parisian Elbows: Evidence on Taste for Travel Comfort, Paris School of Economics, Paris.
- Kroes, E. Kouwenhoven, M. Duchateau, H. Debrincat, L. et Goldberg, J. (2006): Value of Punctuality on Suburban Trains to and from Paris, Transportation Research Record, TRB 2006.
- Li, Z. Hensher, D. (2011): Crowding and public transport: A review of willingness to pay evidence and its relevance in project appraisal, Transport Policy, 18 (2011), 880-887.
- Louviere, J., Hensher, D. and Swait, J. (2000): Stated Choice Methods, Analysis and Application, Cambridge University Press.
- MVA (2007): Understanding the Passenger, Valuation of Overcrowding on Rail Services, Report for Department of Transport.
- Oxera (2007): How to value in-work-time crowding, préparé pour le Department of transport.
- Wardman, M. et Whelan, G. (2011): Twenty years of Rail Crowding Valuation Studies: Evidence and Lessons from British Experience, Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal, 31:3, 379-398.
- Wardman, M. (2012): UK Preference Valuations of Soft factors: How Credible are the Results?, Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Whelan, G. et Cricket, J. (2009): An Investigation of the Willingness to Pays to reduce Rail Overcrowding. In: Proceedings of the first International Conference on Choice Modelling, Harrogate, Angleterre, avril 2009.



Extrait de :  
**Valuing Convenience in Public Transport**

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789282107683-en>

**Merci de citer ce chapitre comme suit :**

Kroes1, Eric, *et al.* (2014), « Valorisation de l'affluence dans les transports publics en Île-De-France », dans Forum International des Transports, *Valuing Convenience in Public Transport*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789282107706-6-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org). Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com) ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) [contact@cfcopies.com](mailto:contact@cfcopies.com).