



Mesurer les avantages socio-économiques des transports



Rapport de la table ronde

Mesurer les avantages socio-économiques des transports



Rapport de la table ronde

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

Ce document, ainsi que les données et cartes 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.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :

FIT (2017), *Mesurer les avantages socio-économiques des transports*, Les rapports de table ronde du FIT, Éditions OCDE, Paris.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789282108239-fr>

ISBN 978-92-82-10822-2 (imprimé)
ISBN 978-92-82-10823-9 (PDF)

Série : Les rapports de table ronde du FIT
ISSN 2522-2511 (imprimé)
ISSN 2522-252X (en ligne)

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Crédits photo : Couverture © Maciej Noskowski/iStockphoto.com.

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm.

© FIT 2017

La copie, le téléchargement ou l'impression du contenu OCDE pour une utilisation personnelle sont autorisés. Il est possible d'inclure des extraits de publications, de bases de données et de produits multimédia de l'OCDE dans des documents, présentations, blogs, sites internet et matériel pédagogique, sous réserve de faire mention de la source et du copyright. Toute demande en vue d'un usage public ou commercial ou concernant les droits de traduction devra être adressée à rights@oecd.org. Toute demande d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales devra être soumise au Copyright Clearance Center (CCC), info@copyright.com, ou au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), contact@cfcopies.com.

Le Forum international des transports

Le Forum international des transports est une organisation intergouvernementale apparentée à l'OCDE qui regroupe 59 pays membres. Il sert de laboratoire d'idées au service de la politique des transports et organise chaque année un sommet des ministres des transports. Le FIT est le seul organisme mondial qui couvre tous les modes de transport. Il est politiquement autonome, mais intégré administrativement à l'OCDE.

Le FIT œuvre en faveur de politiques des transports qui améliorent la vie des citoyens. Il a pour mission de faire mieux comprendre le rôle des transports dans la croissance économique, la viabilité écologique et l'inclusion sociale, ainsi que de sensibiliser le public à l'importance de la politique des transports.

Le FIT fédère un dialogue mondial pour des transports meilleurs. Il sert de plateforme de discussion et de pré-négociation sur des questions de fond qui intéressent tous les modes de transport. Il analyse les tendances, partage les connaissances et encourage les échanges entre les responsables de la politique des transports et la société civile. Le Sommet annuel du FIT est le plus important rassemblement mondial de ministres des transports et la principale instance internationale de dialogue sur la politique des transports.

Les pays membres du FIT sont : Albanie, Allemagne, Argentine, Arménie, Australie, Autriche, Azerbaïdjan, Belarus, Belgique, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Canada, Chili, Chine (République populaire de), Corée, Croatie, Danemark, Émirats arabes unis, Espagne, Estonie, États-Unis, ex-République yougoslave de Macédoine, Finlande, France, Géorgie, Grèce, Hongrie, Inde, Irlande, Islande, Israël, Italie, Japon, Kazakhstan, Lettonie, Liechtenstein, Lituanie, Luxembourg, Malte, Maroc, Mexique, Moldova, Monténégro, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République slovaque, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Russie, Serbie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie et Ukraine.

Forum international des transports
2, rue André Pascal
F-75775 Paris Cedex 16
contact@itf-oecd.org
www.itf-oecd.org

Les rapports de table ronde du FIT

Cette série présente le compte rendu des tables rondes thématiques que le FIT consacre à différents aspects économiques et réglementaires des politiques des transports appliquées dans ses pays membres. Ces comptes rendus contiennent la version révisée des documents de référence présentés par des experts internationaux à l'occasion de la réunion ainsi qu'une synthèse des débats et des conclusions principales de la table ronde. Ces travaux sont publiés sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions exprimées et les arguments employés ne correspondent pas nécessairement aux vues officielles des pays membres du Forum international des transports. 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.

Table des matières

Résumé.....	9
Principales constatations.....	9
Principales recommandations	9
Chapitre 1. Améliorer l'analyse coût-avantages des transports : vue d'ensemble et constatations.....	12
Introduction	13
Stratégies visant à améliorer la pratique et la pertinence de l'ACA appliquée au transport.....	15
Prise en compte des avantages en matière de fiabilité dans l'ACA.....	21
Prise en compte des effets économiques plus larges dans l'ACA	29
Notes.....	37
Références	39
Chapitre 2. Évaluation de la variabilité du temps de parcours	43
Introduction	44
Quelques perspectives plus vastes	52
Estimation des paramètres	55
Conclusion	57
Notes.....	59
Références	60
Chapitre 3. Prévision de la fiabilité des temps de parcours dans le transport routier : un nouveau modèle pour les Pays-Bas	63
Introduction	64
Méthode.....	66
Données	69
Test des relations empiriques possibles de la fiabilité des temps de parcours.....	71
Une nouvelle relation empirique pour les Pays-Bas.....	78
Implications pour l'action des pouvoirs publics	83
Conclusions et prochaines étapes	85
Remerciements	88
Notes.....	88
Références	89
Chapitre 4. Utilisation de l'analyse ex post pour estimer les effets économiques plus larges lors de la hiérarchisation des projets de transport.....	91
Introduction	92
Définition et mesure des effets et des avantages économiques plus larges	93
Élaboration d'une planification et de méthodes d'analyse fondées sur des données probantes aux États-Unis.....	102
Utilisation des constatations ressortant des études de cas et des analyses empiriques.....	112

Conséquences pour les systèmes de comptabilisation des avantages et d'aide à la décision	115
Références	119
Chapitre 5. Intégration des effets économiques plus larges dans l'évaluation coût-bénéfices...	123
Introduction	124
Effets d'une amélioration des transports	125
Proximité et productivité	127
Investissement et changements dans l'occupation des sols	130
Effets sur l'emploi	134
Prédiction des variations en volume	135
Résumé et conclusions.....	140
Notes.....	141
Références	142
Annexes	144
Annexe I. Accessibilité et productivité.....	144
Annexe II. Investissement et changement dans l'occupation des sols.....	146
Liste des participants.....	147

Graphiques

Graphique 1.1. Relation entre une ACA classique et les effets économiques ultimes d'un projet de transport.....	13
Graphique 1.2. Champ de l'ACA par rapport à l'analyse des effets économiques	17
Graphique 1.3. Exemple de méthode d'estimation des gains liés à la réduction du temps de parcours et de ceux liés à la fiabilité.....	22
Graphique 1.4. Exemple d'histogramme de temps de parcours	27
Graphique 1.5. Cadre de séparation des avantages pour les usagers et des effets économiques plus larges.....	30
Graphique 2.1. Taux d'utilité	47
Graphique 2.2. Taux d'utilité dans le modèle à étapes.....	48
Graphique 2.3. Taux d'utilité dans le modèle à étapes.....	51
Graphique 2.4. Théorie et données.....	56
Graphique 3.2. Distributions des temps de parcours de quatre itinéraires présentant des caractéristiques différentes	70
Graphique 3.3. Temps de parcours par kilomètre en fonction de l'écart type par kilomètre	72
Graphique 3.4. Temps de parcours en fonction de l'écart type, ajusté au moyen d'une fonction linéaire.....	73
Graphique 3.5. Temps de parcours par kilomètre en fonction de l'écart type par kilomètre, ajusté au moyen d'une fonction linéaire et d'une fonction polynomiale cubique	75
Graphique 3.6. Indice de congestion en fonction du coefficient de variation, ajusté au moyen d'une loi de puissance et d'une fonction exponentielle	76
Graphique 3.7. Temps de parcours en fonction de l'écart type, ajusté au moyen d'une loi de puissance et d'une fonction polynomiale cubique	78
Graphique 3.8. Retard moyen en fonction de l'écart type, ajusté au moyen de la combinaison d'une fonction linéaire et d'une fonction logarithmique	79
Graphique 3.9. Relations entre variabilité et retard pour 250 itinéraires en période de pointe du matin.....	80

Graphique 3.10.	Résultat des ajustements du retard moyen en fonction de l'écart type pour plusieurs choix d'analyse de données	81
Graphique 3.11.	Retard moyen en fonction de l'écart type, ajusté au moyen d'une fonction linéaire.....	82
Graphique 3.12.	Rapport entre les avantages liés à la réduction des temps de parcours et ceux liés à la fiabilité, pour trois projets, et pour deux variantes et deux scénarios économiques par projet	85
Graphique 4.1.	Différences entre analyse coût-avantages et analyse des effets économiques (États-Unis).....	94
Graphique 4.2.	Différences entre analyse coût-avantages et analyse des effets économiques : couverture des effets sur le bien-être et sur le PIB (Royaume-Uni).....	95
Graphique 4.3.	Justifications des investissements routiers.....	105
Graphique 4.4.	Décalage dans le temps des effets sur la croissance économique d'investissements routiers.....	105
Graphique 4.5.	Concentration relative de certains secteurs en fonction de la taille du marché du travail	108
Graphique 4.6.	Concentration de population et niveaux de salaire du secteur manufacturier dans les districts du centre des Appalaches	110
Graphique 4.7.	Distribution des durées de déplacement pendulaire (pourcentage cumulé).....	111
Graphique 5.1.	Effets d'une amélioration des transports	126
Graphique 5.2.	Aménagement commercial	132

Tableaux

Tableau 1.1.	Méthodes d'évaluation des avantages en matière de fiabilité	25
Tableau 3.1.	Caractéristiques des itinéraires sélectionnés	69
Tableau 3.2.	Coefficients correspondant au meilleur ajustement pour la relation empirique entre l'écart type et le retard moyen (équation 9) pour les itinéraires empruntant des routes principales	81
Tableau 3.3.	Coefficients correspondant au meilleur ajustement de la relation empirique entre l'écart type et le retard moyen (équation 9) pour les itinéraires empruntant d'autres routes que les routes principales.....	83
Tableau 4.1.	Facteurs de notation multicritère utilisés pour hiérarchiser les projets	100
Tableau 4.2.	Sensibilité de certains secteurs aux mesures facilitant l'accès	109
Tableau 4.3.	Liste des variations en matière de transport utilisées entrée des modèles économiques	113
Tableau 5.1.	Prédiction des variations en volume.....	139
Tableau A.1.	Accessibilité et productivité.....	145

Résumé

L'analyse coût-avantages (ACA) socioéconomique permet de quantifier dans quelle mesure les avantages pour la collectivité d'un projet ou d'une initiative, cumulés sur la durée de vie de ce projet ou de cette initiative, excéderont le coût de la construction et du fonctionnement. Ce rapport décrit l'action menée pour améliorer la qualité de l'ACA dans le domaine des transports et son applicabilité dans la prise de décision. Trois aspects sont traités de façon détaillée : les stratégies permettant de tirer le meilleur parti de l'ACA ; l'évaluation et la prévision des avantages en matière de fiabilité ; et la prise en compte des effets économiques plus larges. Le rapport est établi sur la base des exposés préparés et des débats menés à l'occasion de la table ronde qui a réuni 30 experts à Paris en novembre 2015.

Principales constatations

L'ACA forme un cadre solide qui peut être très utile aux administrations publiques dans leurs décisions d'investissement, mais l'application de l'ACA classique au secteur des transports soulève trois problèmes majeurs qui ont interpellé professionnels et chercheurs. Premièrement, les informations les plus recherchées par les décideurs (comme les effets sur les emplois et la croissance régionale) ne correspondent pas à celles fournies par une ACA classique (effets sur le bien-être national et gains de ressources). Deuxièmement, l'étendue des avantages appréhendés dans une ACA classique est le plus souvent restreinte par les limites pratiques de la capacité de prévision et d'évaluation. Troisièmement, l'ACA classique ne rend pas compte des changements fondamentaux du nombre ou de la distribution géographique des entreprises, des investissements, des ménages et des emplois que l'on attend des investissements dans les transports. Les participants à la Table ronde ont estimé qu'une approche pluridimensionnelle était nécessaire pour remédier à ces insuffisances ; qu'il fallait élargir progressivement l'ACA, en théorie et en pratique, de façon à englober d'autres effets dans un cadre rigoureux d'évaluation et de prévision ; et que les résultats de l'ACA devaient être plus efficacement reliés à d'autres critères du cadre décisionnel d'ensemble, notamment par une diversification des éléments d'information intégrés dans l'analyse.

Principales recommandations

Les directives relatives à l'ACA peuvent être élargies pour prendre en compte la fiabilité et certains effets plus larges

Les éléments d'information actuels sur l'évaluation et la prévision des avantages en matière de fiabilité, des avantages d'agglomération et des avantages en termes d'offre de main-d'œuvre constituent une base suffisamment rigoureuse pour être intégrée dans l'ACA fondamentale des grands projets de transport. Si elle est effectuée de façon correcte et fondée sur des données factuelles locales, la prise en compte formelle de ces avantages est préférable à leur exclusion ou à l'application de simples règles de majoration.

Des travaux de recherche supplémentaires sont nécessaires sur les avantages en matière de fiabilité afin d'améliorer la confiance dans les résultats

Les attentes des usagers des transports en matière de fiabilité du temps de parcours varient considérablement, tout comme le comportement adopté en réponse. Les méthodes actuellement utilisées pour évaluer et prévoir les avantages de la fiabilité suivent une approche simplifiée pour des raisons de

commodité. Pourtant, des recherches supplémentaires visant à désagréger les résultats et à étudier le lien entre norme de fiabilité et choix de transport des usagers permettront d'améliorer la précision et de renforcer la confiance dans les résultats. Le comportement adopté en retour peut varier d'un changement dans le choix du mode de transport à une réorganisation fondamentale des lieux d'habitation et d'activité. Une collaboration internationale plus étroite entre les chercheurs en vue de mettre en commun techniques, données et résultats représente un moyen prometteur d'accélérer les progrès à cet égard.

Les effets économiques plus larges devraient être étudiés dans les cas où l'on s'attend à ce qu'ils soient importants

Le déménagement et la réorganisation des entreprises et des ménages (changement dans la « géographie économique ») sont des motifs d'action essentiels pour certains projets de transport tels que les programmes de rénovation ou l'aménagement de quartiers centrés sur le transport collectif près des gares ferroviaires. Les décideurs doivent être informés des effets économiques plus larges provoqués par ce type de changements. La prise en compte formelle de ces effets dans l'ACA nécessite que l'on détermine les « défaillances du marché » correspondantes dans le domaine du projet (situation de monopole, par exemple) et la nature de l'activité sur laquelle le projet a une incidence. Souvent, lorsque des actions coordonnées entre plusieurs acteurs s'imposent, comme dans un programme immobilier, il n'y a aucun moyen de prévoir avec certitude les résultats que l'on obtiendra sur le plan de la géographie économique, aussi la meilleure approche consiste-t-elle généralement à appliquer des scénarios. Les scénarios peuvent puiser des indications dans l'analyse *ex post* de projets similaires, qui permettent de mettre en évidence les facteurs de réussite et la série plausible d'effets qu'ils sont susceptibles de concrétiser. Pour tout projet cependant, il est indispensable de justifier de façon solide et minutieuse la prise en compte d'avantages plus larges avant de remettre en cause le postulat traditionnel selon lequel les avantages pour les usagers rendent suffisamment compte de l'impact économique global du projet.

Des travaux de recherche supplémentaires sont nécessaires sur les effets plus larges à saisir et les outils permettant de le faire

Actuellement, les spécialistes doivent choisir entre évaluer les effets économiques plus larges d'un projet de transport en adoptant une approche « avantages pour l'utilisateur (ACA) + avantages plus larges » ou se servir d'un « grand modèle » (comme le modèle LUTI – *Land Use-Transport Interaction* – qui modélise les interactions entre les systèmes de transports et l'occupation des sols) pour saisir tous les effets. De façon générale, les participants à la Table ronde ont privilégié la première approche. Plusieurs raisons à cela : aucun grand modèle n'est encore en mesure de saisir correctement tous les effets à retenir d'un projet de transport ; ces modèles nécessitent d'énormes quantités de données ; et la complexité des opérations de modélisation nuit à la transparence. En revanche, le modèle LUTI ou le modèle d'équilibre général étant à même, au moins en théorie, de fournir des réponses aux questions les plus pertinentes, ils se pourraient qu'ils constituent à terme la meilleure solution pour remédier aux limites de l'ACA. Si l'on poursuit les travaux de recherche, il est possible que les grands modèles deviennent suffisamment sensibles, fiables et bon marché pour être considérés comme la méthode privilégiée d'évaluation des projets. La plupart des participants à la Table ronde étaient toutefois d'avis que ce moment n'était pas encore arrivé, d'où une forte motivation pour continuer d'améliorer la pratique de l'ACA.

L'ACA peut jouer un rôle important dans la prise de décision, mais ne doit pas occuper une place prépondérante

L'ACA est précieuse, mais imparfaite. L'évaluation est d'autant plus utile aux décideurs que l'approche de l'ACA est nettement alignée sur les objectifs recherchés, qu'elle s'appuie sur les meilleures données locales disponibles et que les insuffisances et les incertitudes sont clairement mises en évidence dans l'analyse. La qualité des données disponibles n'est pas toujours suffisante pour justifier que celles-ci soient prises en compte dans l'ACA formelle. Il est alors utile de disposer de cadres de

référence et de données de substitution pour communiquer les effets possibles du projet. Deux options en particulier ont été mises en évidence lors de la Table ronde. Premièrement, en dégagant des indications quantitatives et qualitatives de projets passés similaires, l'analyse *ex post* peut donner un réel aperçu des changements potentiels de géographie économique et de leurs ressorts. Deuxièmement, des outils complémentaires, tels que l'analyse des effets économiques et l'explication qualitative des effets non quantifiables, peuvent aider à pallier les insuffisances inhérentes à l'ACA. Il est préférable de présenter ces diverses informations aux décideurs que de produire une mesure unique de la performance, car celle-ci ne peut généralement être établie qu'en s'appuyant sur des hypothèses hardies et sans fondement ou en négligeant complètement certains effets.

Chapitre 1

Améliorer l'analyse coût-avantages des transports : vue d'ensemble et constatations

Daniel Veryard¹

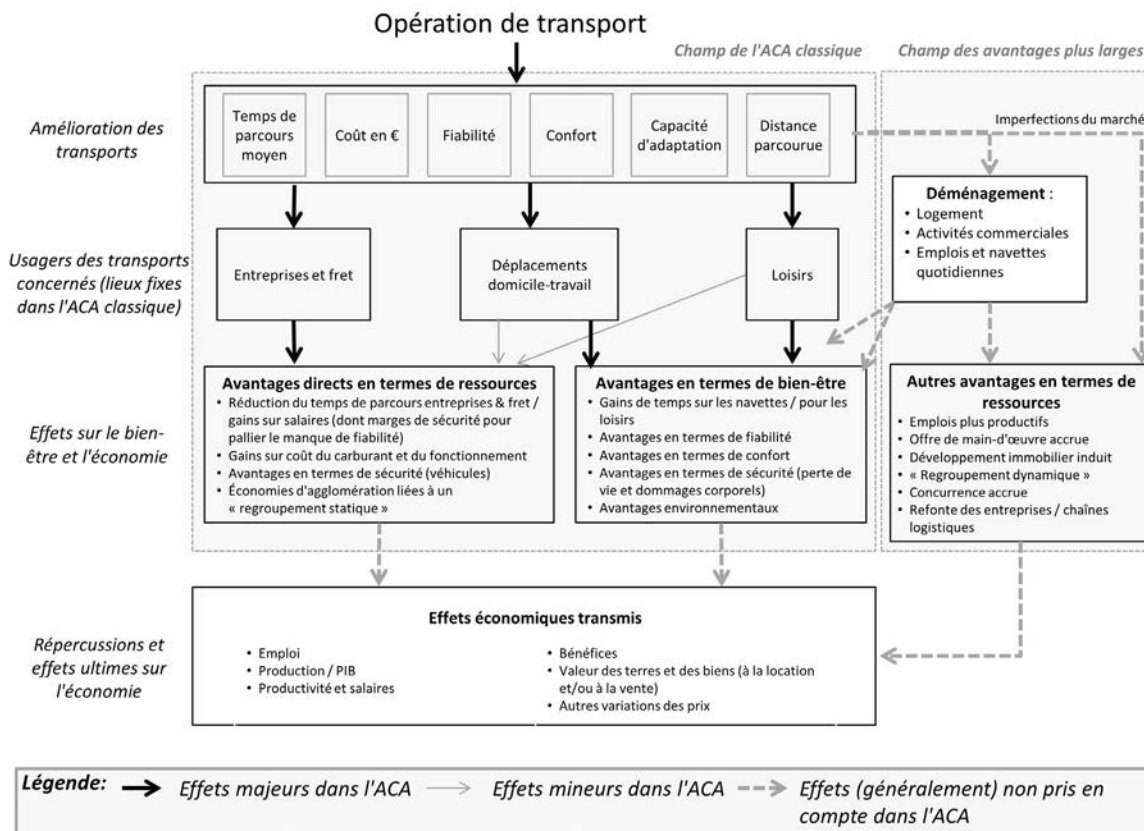
L'analyse coût-avantages (ACA) socioéconomique forme un cadre solide qui peut être très utile aux administrations publiques chargées de prendre des décisions d'investissement. Cela étant, son application standard au secteur des transports peut encore être améliorée. Ce chapitre décrit l'action menée pour faire progresser la qualité de l'ACA dans le domaine des transports et son applicabilité dans la prise de décision. Trois aspects sont traités de façon détaillée : les stratégies permettant de tirer le meilleur parti de l'ACA ; l'évaluation et la prévision des avantages en matière de fiabilité ; et la prise en compte des effets économiques plus larges. Le chapitre se fonde sur les exposés présentés et les débats menés lors de la table ronde qui a réuni 30 experts à Paris en novembre 2015. Les participants à cette table ronde ont estimé qu'une approche pluridimensionnelle était nécessaire pour remédier aux insuffisances de l'ACA ; qu'il fallait élargir progressivement cette analyse, en théorie et en pratique, de façon à englober d'autres effets dans un cadre rigoureux d'évaluation et de prévision ; et que ses résultats devaient être plus efficacement reliés à d'autres critères du cadre décisionnel d'ensemble, notamment par une diversification des éléments d'information intégrés dans l'analyse.

¹ International Transport Forum, Paris, France

Introduction

L'analyse coûts-avantages (ACA) socioéconomique est considérée par la plupart des économistes du transport chargés de l'élaboration des politiques publiques comme l'outil privilégié pour hiérarchiser et sélectionner les projets. L'application de l'ACA classique consiste à estimer et à évaluer les avantages directs que les usagers peuvent tirer des améliorations progressives apportées au système de transport. Bien souvent, certains effets externes directs sont également pris en compte, comme ceux sur la congestion et l'environnement. Dans l'hypothèse de rendements d'échelle constants et d'une concurrence parfaite, ce cadre (lorsqu'il est bien appliqué) rend compte des effets économiques ultimes d'augmentation de la production, des salaires et de l'emploi (Dodgson, 1973 ; Jara-Diaz, 1986). Autrement dit, dans cette hypothèse, la zone grisée intitulée « Champ de l'ACA classique » dans le Graphique 1.1 concorde parfaitement avec l'encadré inférieur de ce même graphique (« Effets économiques transmis »).

Graphique 1.1. Relation entre une ACA classique et les effets économiques ultimes d'un projet de transport



Cela étant, l'application de l'ACA classique au secteur des transports se heurte à des difficultés qui ont interpellé professionnels et chercheurs. On peut décrire ces difficultés en se référant au Graphique 1.1 et les associer schématiquement à trois thèmes connexes :

- **Pertinence** – Il y a souvent un décalage entre les informations qu'attendent les décideurs et celles que leur procure une ACA classique. Par exemple, l'ACA évalue les avantages en termes de ressources et de bien-être social du point de vue de la nation, alors que les décideurs souhaiteraient plutôt comprendre quels sont les effets ultimes (transmis) sur l'emploi et l'activité économique dans leur région (encadré inférieur du Graphique 1.1). Les résultats d'une ACA ne peuvent pas être directement interprétés en termes d'effets économiques ultimes, sauf de façon très générale.
- **Finesse** – L'étendue des avantages appréhendés par une ACA classique est le plus souvent restreinte par les limites pratiques de la capacité de prévision et d'évaluation, même à l'intérieur de la zone grisée « Champ de l'ACA classique » du Graphique 1.1. Dans ce chapitre, nous abordons plus particulièrement les limites et les récentes améliorations de l'estimation des avantages en matière de fiabilité.
- **Portée** – L'amélioration des transports peut faire évoluer en profondeur le nombre ou la distribution géographique des entreprises, des investissements, des ménages et des emplois, autant d'aspects dont l'ACA classique ne rend pas compte (partie droite du Graphique 1.1). Lorsque les hypothèses théoriques sur lesquelles repose l'ACA classique ne sont pas pleinement vérifiées, comme c'est souvent le cas, il n'y a plus équivalence entre les avantages directs et les effets économiques ultimes. Sur le plan conceptuel, il est vraiment nécessaire d'ajouter certains autres avantages à l'ACA pour que l'analyse soit complète. Ces effets économiques plus larges sont examinés plus en détail dans ce chapitre.

Pour des décisions relativement simples d'investissement dans les transports – choisir parmi plusieurs tracés de route, par exemple –, il est probable que l'ACA classique fournira des données suffisamment pertinentes. Dans d'autres cas, en revanche, on ne pourra pas se contenter d'estimer les effets « faciles » à anticiper et à évaluer. En se concentrant seulement sur les avantages avérés, tels que les gains directs de temps de parcours pour les usagers existants, on risque de déséquilibrer l'investissement au profit des projets bien adaptés à ces évaluations limitées (développement du réseau routier, par exemple) et de pénaliser ceux qui répondent à des finalités particulières, comme les mesures encourageant l'utilisation des transports en commun ou les stratégies visant à réduire la variabilité du temps de transport des marchandises. On peut alors passer à côté des aspects les plus importants des projets conçus pour avoir un effet plus « transformateur », comme la revitalisation de régions touchées par la crise ou le renforcement du potentiel de croissance, grâce notamment à un approfondissement et à un épaississement du marché du travail.¹

Des progrès ont été réalisés ces dix dernières années pour améliorer la qualité de l'ACA et son applicabilité dans la prise de décision. Le présent rapport passe en revue l'état des techniques dans deux domaines particuliers : les avantages en matière de fiabilité et les effets économiques plus larges. Il fait la synthèse de quatre études sur ces questions, commandées pour une table ronde organisée à Paris en novembre 2015, et reprend les discussions des spécialistes de premier plan présents à cette réunion. Les versions revues des quatre contributions forment les autres chapitres de ce rapport.

Stratégies visant à améliorer la pratique et la pertinence de l'ACA appliquée au transport

L'ACA appliquée au transport constitue un cadre puissant qui permet de quantifier dans quelle mesure les avantages pour la collectivité d'un projet ou d'une initiative, cumulés sur la durée de vie de ce projet ou de cette initiative, excéderont le coût de la construction et du fonctionnement. Ce cadre est suffisamment souple pour être utilisé à l'appui d'une large palette de décisions. Ainsi, l'ACA permet de filtrer les mauvais projets ou d'optimiser les projets relativement prometteurs (comme ceux portant sur l'amélioration des tracés). Le rôle particulier de l'ACA est parfois fonction de la qualité du portefeuille de projets de transport examinés (FIT, 2011).

Dans le processus décisionnel global relatif aux investissements dans les transports, le rôle de l'ACA dépend aussi de la pertinence des critiques qu'elle suscite, à savoir qu'elle ne prend pas en compte tous les effets attendus d'un projet ou qu'elle n'est pas en mesure de fournir toutes les informations utiles aux décideurs. Parfois, dans certains États américains par exemple, l'ACA n'est ni imposée ni même prise en compte dans les décisions d'investissement touchant aux transports (Weisbrod, chapitre 4). Dans la plupart des pays toutefois, et en particulier au nord de l'Europe et en Australasie, elle est un élément essentiel, sans toujours être dominant, du cadre décisionnel global (Mackie et Worsley, 2013).

D'autres données quantitatives et qualitatives viennent en général compléter les résultats de l'ACA présentés au décideur. Lorsqu'une analyse de ce type est réalisée, les estimations des avantages du projet, quantifiées et exprimées en valeur monétaire, sont généralement jointes au dossier de décision, en même temps qu'une description d'effets plus difficiles à évaluer (sur le patrimoine par exemple) et d'informations sur la façon dont les effets directs du projet (sur les usagers) peuvent se transmettre à l'économie et susciter des changements dans la production et l'emploi. On peut estimer ces répercussions grâce à toute une série de techniques de modélisation économique examinées plus loin dans cette section. Là où l'ACA n'est pas appliquée, l'estimation des retombées économiques au niveau local et régional (par opposition aux avantages en termes de bien-être au niveau national) se voit accorder une place plus importante dans la prise de décision. Quelle que soit la solution technique retenue pour quantifier les effets anticipés, la décision finale est presque toujours basée sur l'appréciation de données quantitatives et qualitatives (Mackie et Worsley, 2013).

Les participants à la Table ronde ont mis en évidence et examiné une série de stratégies substitutives et complémentaires qui pourraient être adoptées pour améliorer la qualité de l'ACA des transports et son utilité pour la prise de décision, à savoir :

- l'amélioration de l'alignement stratégique et de la communication des résultats ;
- la mise en œuvre de cadres d'évaluation complémentaires pour rendre compte des effets qui échappent à l'ACA classique ;
- l'exploitation des données issues de projets précédents (études de cas et analyses *ex post*) ;
- l'extension de la panoplie d'outils et de la portée des pratiques admises en matière d'ACA ;
- l'adaptation de chaque ACA au contexte et aux objectifs du projet.

Amélioration de l'alignement stratégique et de la communication

Idéalement, les projets devraient être proposés sur la base d'une planification stratégique minutieuse, élaborée à partir des objectifs ou de la mission d'ensemble de la juridiction (supranationale, nationale, régionale ou locale). Or, les projets sont souvent le fruit de propositions plus « instinctives » des

responsables politiques ou des fonctionnaires publics. Plusieurs participants à la Table ronde ont rapporté qu'il leur avait été demandé d'évaluer des projets dont la présentation n'énonçait clairement ni les problèmes à résoudre ni les objectifs à atteindre. Dans les cas de ce type, sans « descriptif », il est difficile de prévoir et d'indiquer si le projet a des chances de réussir, quel que soit le cadre analytique choisi.

Les professionnels peuvent appliquer le cadre d'ACA classique pour estimer les gains de temps de parcours, les avantages en termes de sécurité ou les améliorations sur le plan écologique, sans considération de la nature et des objectifs du projet, mais il y a peu de chances que les résultats soient suffisamment significatifs pour les décideurs politiques ou leurs administrés. En revanche, si l'on inscrit le projet dans un contexte stratégique global avant de procéder à l'analyse qualitative des variables économiques, sociales et environnementales du transport, il est probable que les effets de ce projet seront maximisés.

Si les intentions stratégiques du projet sont claires, l'ACA pourra aligner l'évaluation des avantages sur la réalisation des objectifs. Cette vue d'ensemble et cette orientation du projet par rapport à des objectifs permettront de s'assurer non seulement que l'ACA est utile au projet considéré, mais aussi que l'on peut expliquer les résultats aux décideurs en termes appropriés, en énonçant des conclusions pertinentes au regard des objectifs premiers du projet.

Mise en œuvre de cadres d'évaluation complémentaires

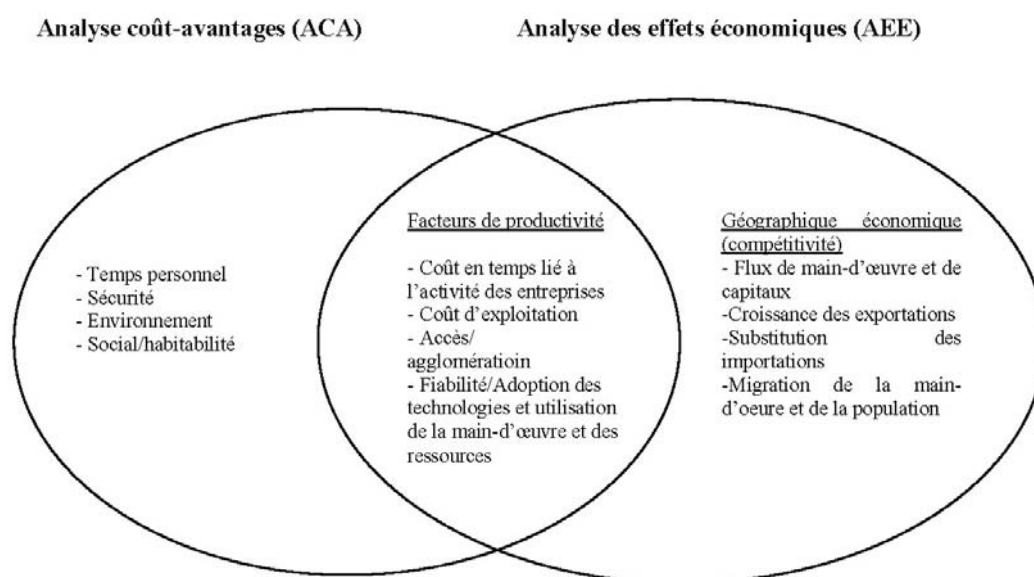
Pour surmonter les limites de l'ACA, une stratégie évidente consiste à lui associer un autre cadre d'évaluation. Deux grandes catégories ont été examinées lors de la Table ronde : l'analyse des effets économiques, qui mesure l'évolution du chiffre d'affaires et du résultat des entreprises ainsi que des salaires et de l'emploi dans un secteur donné ; et les méthodes de notation, comme l'analyse multicritère (AMC).

L'analyse des effets économiques peut servir, dans le cadre d'une évaluation *ex ante*, à prévoir directement les effets économiques ultimes figurant dans l'encadré inférieur du Graphique 1.1 ci-dessus. Elle utilise des mesures macroéconomiques, comme les régressions économétriques, les modèles d'équilibre général calculable (EGC), les modèles EGC spatialisés ou les modèles mésoscopiques, et vise à prévoir l'accroissement de la production ou de l'emploi à partir d'une augmentation du stock d'infrastructures de transport ou d'une amélioration de la qualité de ces infrastructures (voir le chapitre 4 ou Vickerman (2008) pour un aperçu). L'analyse des effets économiques se place dans une perspective différente de celle de l'ACA, même si leurs champs d'application chevauchent en partie (Graphique 1.2). Les participants à la Table ronde ont reconnu la valeur potentielle de ces modèles pour accomplir deux tâches principales : communiquer les incidences économiques en termes pertinents pour les décideurs (emploi et activité économique) et mettre en relief la répartition régionale et socioéconomique des incidences.

Les modèles EGC en particulier peuvent rendre compte de certaines imperfections du marché qui n'entrent pas dans le champ de l'ACA classique et peuvent renseigner sur la mesure dans laquelle les ressources se déplacent d'un lieu à un autre (ce point est examiné en détail dans la dernière section de ce chapitre) et plus généralement sur qui gagne ou perd en raison de l'investissement. Cela étant, les modèles EGC nécessitent des sommes considérables de données, sont coûteux à exécuter et sont difficiles à critiquer compte tenu de leur complexité mathématique. La question est de savoir si les actifs de transport dans ces modèles macroéconomiques pourraient être décrits avec suffisamment de précision pour rendre compte de l'amélioration d'aspects tels que la variabilité du temps de parcours ou les déplacements en transports en commun de bout en bout, qui occupe une place importante dans de nombreuses décisions politiques prises actuellement en matière de transport.

Weisbrod (chapitre 4) cite deux systèmes de modèles économiques régionaux utilisés par le département des transports de certains États américains pour réaliser une évaluation *ex ante* des projets. Ces formulations de type EGC intègrent en entrée de nombreuses caractéristiques détaillées des transports et donnent en sortie des incidences économiques régionales. Pour remplacer la méthode du système de modèles, un participant a fait valoir que les bases théoriques des modèles EGC autonomes pourraient être revues de façon à inclure une représentation plus détaillée du système de transport et de ses fonctions de consommation et de production. Cette approche permettrait certes de mieux comprendre les conséquences des innovations technologiques majeures intervenues dans le secteur des transports, mais d'autres participants ont objecté que la plupart des projets de transport examinés étaient plus marginaux et que les méthodes d'évaluation marginales étaient donc suffisamment précises.² On a donc considéré que les méthodes d'analyse des effets économiques convenaient mieux comme complément (non additif) à l'ACA des grands projets (ou des programmes de projets), lorsque les effets attendus sur l'économie étaient importants et que le coût de la modélisation se justifiait.

Graphique 1.2. Champ de l'ACA par rapport à l'analyse des effets économiques



Source : Repris de Weisbrod (chapitre 4).

Les méthodes de notation, comme l'analyse multicritère (AMC) ou les feuilles de notation, impliquent qu'un analyste note la réalisation attendue du projet au regard d'objectifs prédéfinis. Dans les différents états américains, les objectifs liés au transport peuvent être déduits de l'énoncé de mission du département des transports correspondant, qui met fortement l'accent sur le développement économique, l'amélioration de l'environnement, la mobilité et la sûreté (Volpe Transportation Systems Center, 2012). Dans une analyse multicritère, les objectifs sont généralement pondérés en fonction de la priorité que leur accorde le décideur (et, dans une certaine mesure, de leur degré de chevauchement d'autres objectifs). Il existe des lignes directrices à l'appui des processus décisionnels utilisant l'analyse multicritère, mais les économistes émettent généralement des doutes sur l'application de cette méthode en raison de problèmes de double comptage, d'évaluation arbitraire implicite,³ d'absence de seuil de viabilité et d'un risque de manipulation des résultats (Dobes et Bennett, 2009).

Weisbrod (chapitre 4) estime que le choix du cadre d'évaluation peut être influencé par le niveau d'administration auquel se prend la décision d'investir dans le transport. Ainsi, au Royaume-Uni, le processus décisionnel national a toujours privilégié l'analyse coût-avantages plutôt que l'équilibre

général calculable ou l'analyse multicritère, au motif que l'ACA met davantage l'accent sur l'efficacité générale des investissements, qui sont une utilisation de fonds nationaux, et qu'elle attache moins d'importance aux effets redistributifs qui tendent à se « compenser » entre gagnants et perdants.⁴ À l'inverse, lorsque les décisions sont prises au niveau des états fédérés ou des régions, les décideurs locaux sont très sensibles aux possibilités de redistribution de l'activité économique au profit de leur territoire, mais se préoccupent moins du fait que ces gains se fassent au détriment d'autres juridictions. L'EGC et d'autres modèles d'analyse des effets économiques peuvent donc faciliter ce mode de prise de décision (même si certains participants ont fait remarquer que l'ACA pouvait aussi permettre de répondre à certaines au moins des questions relatives à la répartition spatiale des avantages). Sachant que certains pays membres transfèrent les pouvoirs décisionnels du niveau national à des niveaux inférieurs d'administration, ces considérations pourraient bien prendre de l'importance (Mackie et Worsley, 2013).

La question de la confiance et celle de la responsabilisation ont également été évoquées à propos du choix du cadre d'évaluation. On peut considérer que choisir entre l'AMC et l'ACA revient à se demander à qui la population préfère que soit confiée la responsabilité de prendre des décisions en son nom. Une population assurée que les hommes politiques élus et leurs planificateurs sont prêts à trouver des compromis dans l'intérêt général pourrait préférer l'AMC pour sa simplicité, son exhaustivité et son immédiateté. À l'inverse, une population qui s'inquiète du fait qu'une AMC puisse être manipulée à des fins politiques contraires au bien-être social pourrait être rassurée par l'approche plus technocratique de l'ACA.

L'AMC peut être utile pour réunir les effets escomptés que l'ACA ne permet pas d'évaluer de manière appropriée – tels que les effets irréversibles sur le patrimoine et l'environnement – et ceux que les techniques d'ACA permettent d'évaluer (Weisbrod, chapitre 4). Plusieurs participants ont fait valoir qu'il était préférable, dans ce cas, de souligner ces effets pertinents d'un point de vue qualitatif, parallèlement aux résultats de l'ACA, comme cela se fait dans le tableau de synthèse d'évaluation (*Appraisal Summary Table*) au Royaume-Uni, et non de créer une illusion de précision avec le résultat intégré d'une AMC, en particulier considérant les craintes de double comptage.

Exploitation des données issues de projets précédents

Habituellement, l'ACA des grands projets de transport urbain évalue les effets futurs du projet à l'aide de modèles stratégiques de prévision des transports. Ces modèles sont apparus dans les années 50 et, malgré les progrès importants enregistrés depuis dans les techniques auxquelles ils font appel, ils ne parviennent toujours pas à rendre compte de certains comportements adoptés en situation réelle par les entreprises et les ménages. De même pour les ACA qui reposent entièrement sur ces modèles. Les éléments cruciaux qui font défaut sont la redistribution et la réorganisation des entreprises et des ménages qui peuvent résulter d'une amélioration significative de l'accessibilité dans un scénario avec projet (partie droite du Graphique 1.1). En d'autres termes, dans une ACA classique, l'activité de transport se développe en faisant l'hypothèse d'une « occupation des sols inchangée », laquelle ne tient pas compte d'éventuelles évolutions de la « géographie économique ». Ces évolutions sont pourtant un motif d'action essentiel pour certains projets de transport, comme les programmes de rénovation ou l'aménagement de quartiers centrés sur le transport collectif près des nouvelles gares ferroviaires. Des données sur ces évolutions sont alors indispensables pour :

- expliquer aux décideurs dans quelle mesure les ressources et l'activité pourraient être redistribuées au sein de l'économie, et quels facteurs pourraient influencer sur ces résultats ;
- comprendre les mécanismes et l'ampleur des transformations de la géographie économique susceptibles de créer des avantages supplémentaires très précis dont l'ACA classique ne rend pas compte (ce point est abordé plus en détail dans la dernière section de ce chapitre).

Les participants à la Table ronde ont examiné deux axes de recherche qui fournissent des données probantes issues de précédents projets pour expliquer les effets possibles d'un projet proposé : les études de cas et l'analyse statistique *ex post*. Ces deux approches tentent d'inférer des relations entre des améliorations apportées aux transports (partie supérieure du Graphique 1.1) et les effets ultimes de ces améliorations sur l'économie nationale ou régionale (partie inférieure du Graphique 1.1).

Études de cas

Weisbrod (chapitre 4) étudie l'approche adoptée par les États-Unis pour tirer des enseignements de projets précédemment exécutés. Les données probantes recherchées portent sur les nombreux effets économiques et sociaux que l'on observe après la mise en œuvre de différents types de projets, comme le développement de pôles industriels dans des zones devenues plus accessibles. La base de données EconWorks, hébergée par l'association des départements américains des transports (AASHTO), donne accès à plus d'une centaine d'études de cas. Celles-ci révèlent que les formes d'accessibilité essentielles aux différents secteurs de l'industrie sont multiples. Ainsi, les services professionnels ont besoin d'une vaste zone de desserte et d'un aéroport international, alors que les entreprises manufacturières veulent pouvoir desservir marchés et fournisseurs par camion en effectuant une rotation par jour. L'analyse d'une grande diversité de projets et de contextes permet également de recenser différents types de regroupements en pôles sous l'angle des infrastructures de transport qui ont permis leur développement.

Un pôle a été examiné de façon assez approfondie lors de la Table ronde : il s'étire le long des autoroutes I-65 et I-75, dans le Kentucky et le Tennessee, formant une chaîne logistique automobile. Un jour suffit aux fournisseurs pour le remonter sur toute sa longueur en camion, ce qui permet un mode d'approvisionnement juste à temps et une production à flux tendus (Weisbrod, chapitre 4). L'emplacement rural donne accès à des marchés urbains tout en offrant une main-d'œuvre locale bon marché. Un participant à la Table ronde a fait remarquer que, même si cette utilisation de l'infrastructure de transport était intéressante, cette dernière n'apportait pas nécessairement un gain de bien-être social supérieur à d'autres configurations spatiales. Il était même possible qu'en permettant aux employeurs d'exercer un pouvoir de monopsonne sur les marchés du travail locaux, cette infrastructure puisse causer un préjudice social. Ce type d'éclairage de la granularité est important dans le scénario présenté aux décideurs. Il illustre les risques qu'il y a à transposer à grande échelle les résultats d'une analyse des effets économiques réalisée à l'échelle d'une entreprise ou d'une zone particulière pour tirer des conclusions sur l'évolution du bien-être socioéconomique au niveau national.

Analyse statistique ex post

Il est très difficile d'utiliser les données d'une étude de cas dans l'analyse *ex ante* d'autres projets. L'un des principaux défis tient à la difficulté d'isoler l'effet d'un projet spécifique des autres facteurs qui pourraient expliquer les résultats en matière de développement après un investissement dans le transport. L'analyse *ex post* empirique des données tirées des études de cas états-uniens cherche à neutraliser l'effet de ces facteurs en demandant à l'analyste de définir un scénario contrefactuel (par exemple, les changements moyens à l'échelle de l'état au cours de la période d'étude) et d'attribuer qualitativement au projet (dans une mesure inférieure à 100 %) les changements observés dans la zone d'étude (par rapport au scénario contrefactuel) (Weisbrod, chapitre 4). Cela étant, les données collectées et les techniques recommandées ne sont généralement pas suffisantes pour permettre de le faire de façon solide sur le plan statistique.

Une table ronde récemment consacrée à l'analyse *ex post* a relevé plusieurs difficultés à surmonter pour pouvoir attribuer de manière robuste les résultats observés à un projet ou à une initiative de transport spécifique (FIT, à paraître). La première difficulté tient au fait que, à la différence des essais contrôlés menés dans le domaine de la santé ou de l'éducation, l'emplacement qui fait l'objet d'un « traitement » (un investissement de transport) n'est pas choisi de manière aléatoire à partir d'un

ensemble d'options. Au contraire, les investissements sont en général réalisés précisément dans les endroits où par exemple les taux de congestion ou d'accidents sont les plus élevés, ou encore, là où l'activité économique est asphyxiée. Une deuxième difficulté de l'analyse *ex post* dans le secteur du transport découle du fait que le contexte socioéconomique et le réseau de transport sont différents pour chaque projet. Cela signifie qu'il n'est pas possible de sélectionner ni de spécifier un scénario contrefactuel ou un scénario « de contrôle » approprié, qui permette d'identifier précisément les effets du projet (Worsley, 2014).

Plusieurs participants à la Table ronde – mais pas tous – étaient optimistes quant aux chances de réunir dans un proche avenir les données et les outils nécessaires pour séparer les effets des projets des autres facteurs. En effet, le volume des données *ex post* collectées – aux États-Unis (Weisbrod, chapitre 4) et en France (Bonnafous, 2014), par exemple – continue de croître tant en qualité qu'en quantité (plusieurs participants ont toutefois exprimé leurs doutes sur le fait que les projets choisis aux fins d'analyse soient toujours une sélection neutre d'échecs et de réussites). Graham (2014) explique comment les méthodes d'inférence statistique peuvent supprimer l'influence des « effets de confusion » en simulant une attribution aléatoire des investissements entre différents emplacements. Ces techniques ont été appliquées avec succès dans une analyse *ex post* de projets de sécurité routière. Des « fonctions de modification de l'accidentalité » ont été mises au point pour différents types de projets dans différents contextes. Elles permettent une estimation *ex ante* des effets d'un projet sur la sécurité (TIF, 2012). Il se pourrait donc que l'on puisse à terme parvenir au même résultat pour les incidences économiques des projets de transport, à savoir la mise au point d'une série de « facteurs d'incidence économique » pour différents types de projets dans différents contextes, qui pourraient être appliqués aux évaluations *ex ante*.

Extension de la panoplie d'outils et de la portée des pratiques admises en matière d'ACA

Dans les pays d'Europe du Nord au moins, les efforts des chercheurs pour améliorer l'utilité de l'ACA se sont majoritairement portés sur l'extension du cadre de l'analyse, et non sur son remplacement (notamment au Royaume-Uni, en France et en Suède). Cette extension peut consister soit à ajouter, soit à améliorer la prise en compte des « avantages directs en termes de ressources », des « avantages en termes de bien-être » ou des « autres avantages en termes de ressources » du Graphique 1.1.

Plusieurs participants ont souligné qu'il était très lourd de justifier la prise en compte d'autres effets dans l'ACA, d'où le scepticisme affiché des organismes nationaux de contrôle, comme les départements du Trésor. En pratique, l'inclusion d'un « nouvel » avantage dans le cadre d'analyse coût-avantages reconnu exige des chercheurs et des professionnels qu'ils apportent la preuve solide que l'effet ou l'avantage supplémentaire peut être :

- (1) *ajouté* en théorie aux autres avantages pris en compte dans l'ACA ;
- (2) *évalué* de manière robuste, sans empiéter sur l'évaluation des effets connexes déjà pris en compte ;
- (3) correctement *prévu*, dans des scénarios avec et sans projet.

Les extensions du cadre d'analyse coût-avantages les plus d'actualité ces dernières années se rangent dans les catégories des « avantages économiques plus larges » ou des « effets plus larges ». Avant de les aborder en détail (dans la dernière section), nous examinerons les avantages liés à la fiabilité (dans la prochaine section), dont le caractère additionnel est moins contesté en théorie (point 1 ci-dessus), mais qui sont délicats à évaluer et à prévoir (points 2 et 3).

Adaptation de chaque ACA au contexte et aux objectifs du projet

Les discussions lors de la Table ronde ont mis en évidence la diversité des effets que peuvent produire les grands projets de transport (et la façon dont ils peuvent varier d'un endroit à un autre) ainsi que la complexité des outils permettant de les prévoir et de les évaluer de manière appropriée dans le cadre d'une ACA. Une question vient naturellement à l'esprit : est-il préférable d'appliquer uniformément une panoplie d'outils (ou un modèle) classique à chaque projet évalué par un organisme public, ou faut-il choisir, dans cette panoplie, les outils correspondant aux avantages du projet dont on prévoit qu'ils seront importants ? L'opinion majoritaire sur ce point – malgré quelques réserves toutefois – était que, dans la pratique, il valait mieux adopter une approche évolutive et modulaire. Ce point sera abordé plus en détail dans la dernière section.

Prise en compte des avantages en matière de fiabilité dans l'ACA

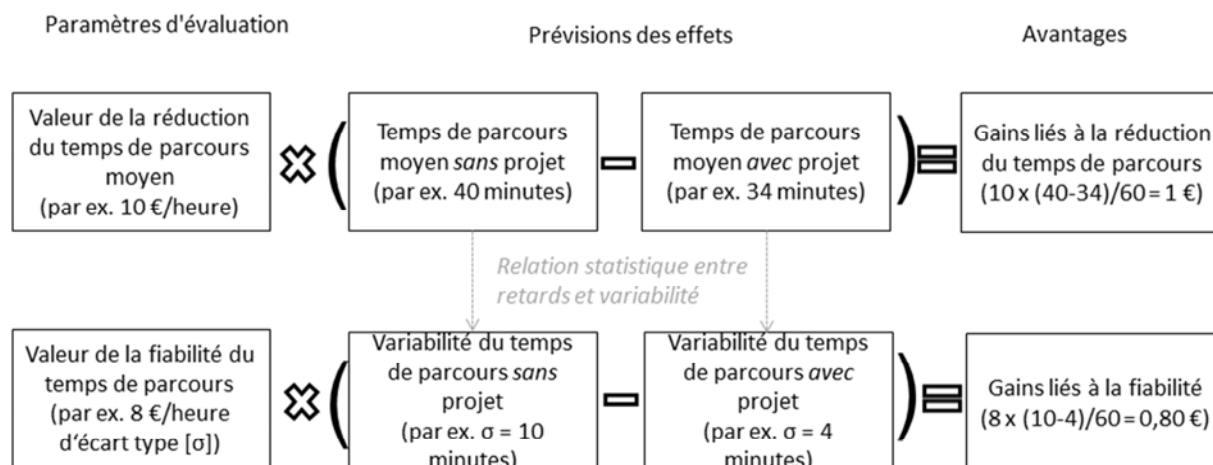
La variabilité du temps de parcours est inhérente à tous les modes de transport. Elle entraîne souvent des coûts importants pour les voyageurs et pour l'économie. L'un des thèmes souvent évoqués lors de la Table ronde a été la diversité des expériences des voyageurs en matière de manque de fiabilité, depuis le léger désagrément d'arriver plus tard que prévu sur son lieu de vacances jusqu'à l'altération complète d'une cargaison pour laquelle le temps était un facteur critique, en passant par les réunions d'affaires manquées. Il ne fait aucun doute que les mesures visant à améliorer la fiabilité seront utiles à la collectivité, aussi est-il primordial de pouvoir intégrer efficacement les avantages liés à la fiabilité dans l'ACA pour s'assurer que les projets de transport qui visent particulièrement cet objectif seront dûment pris en compte lors de la détermination des priorités.

La diversité des motifs de déplacement et des réponses à la variabilité du temps de parcours rend la mesure et l'évaluation de ce paramètre particulièrement difficiles. Les discussions lors de la Table ronde ont porté principalement sur les trois éléments mentionnés plus haut, nécessaires à la prise en compte de la fiabilité dans l'ACA, à savoir : tout d'abord, une définition claire et une mesure de la fiabilité qui ne fassent pas double emploi avec d'autres éléments de l'ACA ; ensuite, une valeur unitaire pour calculer le coût du manque de fiabilité (c'est-à-dire de l'avantage d'une amélioration de la fiabilité) ; et enfin, une méthode de prévision de la fiabilité, avec et sans projet. Ces trois points peuvent être illustrés par un exemple (Graphique 1.3). Dans le graphique, le caractère additionnel des avantages liés à la réduction du temps de parcours moyen et de ceux liés à la fiabilité est assuré si les paramètres d'évaluation (partie gauche du graphique) sont estimés séparément dans la même étude. La méthode de prévision de la variabilité future décrite plus loin dans cette section repose sur une relation entre les niveaux moyens de retard ou de congestion, et la variabilité du temps de parcours. Dans l'exemple ci-après, les gains de fiabilité sont égaux à 80 % de la réduction du temps de parcours moyen.

Les participants à la Table ronde étaient unanimes à penser que la fiabilité est une dimension essentielle du fonctionnement d'un système de transport, qui doit être prise en compte dans l'ACA si l'on dispose de suffisamment d'éléments probants pour évaluer et prévoir les améliorations. Les stratégies mises en œuvre comprennent aussi bien des méthodes d'évaluation et de prévision relativement complexes (comme au Royaume-Uni et en France), l'application d'un simple pourcentage de majoration aux gains liés à la réduction du temps de parcours moyen (comme aux Pays-Bas), ou encore l'exclusion pure et simple de cette donnée. En dehors des États-Unis, où l'accent a été mis sur la fiabilité du

transport de fret, les travaux de recherche ont surtout porté sur le transport routier de passagers. L'élargissement de la recherche aux transports publics a également été examiné lors de la Table ronde.

Graphique 1.3. Exemple de méthode d'estimation des gains liés à la réduction du temps de parcours et de ceux liés à la fiabilité



Définition de la fiabilité

La fiabilité du temps de parcours n'est pas simple à définir, comparée au temps de parcours moyen. Si ce dernier concept, bien compris par le public en général, est couramment estimé dans les modèles stratégiques des transports, il n'en va pas de même de la fiabilité. Trois éléments de la définition de la fiabilité ont été examinés lors de la Table ronde : la nature du manque de fiabilité, la perception de ce manque par les voyageurs et les réactions qu'il suscite.

Nature et causes du manque de fiabilité

Les données sur les temps de parcours dans différents contextes témoignent d'une variabilité systématique sur la journée, la semaine et l'année (FIT, 2010). Ces variations sont généralement dues au phénomène bien connu des heures de pointe et de creux dans la demande des passagers en rapport avec les horaires de travail ou de cours. Un jour donné, les temps de parcours peuvent aussi varier en raison d'événements revenant assez régulièrement, comme la signalisation, la pluie, des accidents ou l'entretien du réseau. Les « événements extrêmes », tels que les inondations, les accidents graves ou les fermetures de réseaux, constituent une troisième cause de variations (de Jong et Bliemer, 2015). Les participants à la Table ronde étaient quelque peu divisés sur la question de savoir s'il convenait de dissocier les types les plus courants de variabilité du temps de parcours de ceux causés par des événements extrêmes. En d'autres termes, la question qui se pose est la suivante : y a-t-il lieu de traiter séparément les valeurs aberrantes des distributions de temps de parcours (temps de déplacement très longs) lors de l'estimation de la ou des grandeurs de fiabilité ?

Perception du manque de fiabilité par les voyageurs

Pour bien distinguer les gains dus à la réduction des temps de parcours de ceux liés à la fiabilité de ces temps de parcours, il faut partir du principe que les voyageurs n'ont pas une connaissance *ex ante* parfaite de la durée de leur déplacement. À l'une des extrémités, si les voyageurs avaient une connaissance parfaite des temps de parcours nécessaires à leurs déplacements futurs, les seuls gains

possibles des projets de transport seraient sur la réduction de ces temps de parcours puisqu'il n'y aurait aucune incertitude *ex ante* les concernant. En pratique, les voyageurs ont quelque idée de la durée de leur déplacement, mais savent que le temps de parcours réel risque d'être plus long que la durée « probable ». En d'autres termes, les voyageurs ont en tête une distribution des temps de parcours pour leur voyage *avant que celui-ci soit effectué*. Les discussions de la Table ronde ont soulevé un certain nombre de questions quant au moment où se forment ces attentes et aux informations sur lesquelles elles se fondent. Les deux principales sources d'information sur les temps de parcours à venir sont les suivantes :

- l'expérience personnelle tirée de précédents voyages empruntant le même itinéraire ou les mêmes services ;
- des informations externes sur les conditions présentes de déplacement, tels que les communiqués sur l'état du trafic, les systèmes de navigation « intelligente » des *smartphones* ou des appareils GPS, les panneaux d'information en temps réel, ou même les bulletins météorologiques.

La difficulté à définir une mesure de fiabilité *ex ante* tient au fait que les informations détenues sur le temps de parcours probable pour le même déplacement ou presque seront très différentes d'une personne à une autre. Prenons l'exemple de deux voyageurs qui s'appêtent à emprunter le même tronçon d'autoroute un mardi matin à 8h20. Le premier ne connaît pas la ville et n'a qu'une carte routière pour se diriger. La seconde effectue des navettes régulières sur cette autoroute et a consulté les rapports d'accident pendant le petit-déjeuner ; de plus, elle s'est aperçue la veille qu'en raison de la grève du rail en cours depuis une semaine, les temps de parcours étaient plus longs qu'ils ne le sont habituellement le lundi. La difficulté consiste alors à mettre les attentes de voyageurs aussi différents en correspondance avec l'information observable sur la variabilité du temps de parcours et avec l'information disponible sur la valeur que les voyageurs accordent à l'amélioration de la fiabilité.

Réactions au manque de fiabilité

Un autre aspect pertinent pour définir la fiabilité est la façon dont les voyageurs peuvent réagir au manque de fiabilité. L'une des réactions possibles face à un manque de fiabilité *anticipé* concernant un déplacement à venir consiste, pour un voyageur, à ajouter une marge supplémentaire au temps de parcours estimé (estimation ponctuelle) et à partir légèrement plus tôt (Fosgerau, chapitre 2). D'autres personnes pourront aussi choisir de déplacer carrément leur heure de départ à un moment où les temps de parcours sont plus prévisibles. Les voyageurs qui empruntent fréquemment un itinéraire ou un service dont ils jugent le manque de fiabilité inadmissible peuvent décider de changer d'itinéraire, de service ou de mode de déplacement. Même une fois le voyage commencé, le voyageur qui estime que le trajet est plus long que prévu peut parfois changer d'itinéraire – en particulier s'il dispose de renseignements en temps réel (grâce à des panneaux de signalisation ou à un dispositif embarqué).

Les particuliers et les entreprises peuvent faire des choix encore plus radicaux en réponse au manque de fiabilité (des choix entraînant une modification de la « géographie économique », examinée dans la dernière section ci-après). Ainsi, si une navetteuse régulière trouve ses temps de parcours trop peu fiables, elle peut décider de déménager pour se rapprocher de son lieu de travail ou d'un mode de transport plus fiable, comme une gare de chemin de fer. Face au manque de fiabilité des services de transport, les entreprises disposent d'une palette de choix encore plus étendue. Si, dans un premier temps, les retards de livraison risquent d'entraîner des pénalités pour une qualité de service insuffisante et des coûts liés aux heures supplémentaires des conducteurs, les entreprises de transport de marchandises peuvent ensuite décider d'acheter des véhicules (et de rémunérer des conducteurs) supplémentaires pour répondre au besoin de service de la clientèle compte tenu du niveau de fiabilité des réseaux. De façon plus radicale encore, elles peuvent décider de réorganiser l'ensemble de leurs chaînes logistiques et de leurs procédés de production de façon à fonctionner à une échelle plus locale (Weisbrod, chapitre 4). Sur

ce dernier point, toutefois, certains ont fait valoir que peu d'éléments probants venaient confirmer la réalité de tels changements (McKinnon et al., 2008). Ce type de réorganisation peut permettre de compenser les coûts de transport élevés (manque de fiabilité compris) par des économies d'échelle réalisées en réduisant le nombre de points de production.

Choix d'une grandeur de fiabilité

Les débats tenus lors de la Table ronde indiquent qu'il n'existe pas une seule et unique grandeur de fiabilité correcte applicable dans une ACA. Toute approche adoptée devrait soit être extrêmement détaillée pour rendre compte de la diversité des motifs de déplacement des voyageurs et des informations dont ils disposent sur leur parcours, soit s'appuyer sur de solides hypothèses uniformisantes relatives aux informations, aux préférences et aux comportements.

Dans la pratique, la grandeur habituellement utilisée dans l'ACA est la variabilité (généralement mesurée par l'écart type) d'une distribution des temps de parcours origine-destination qui est implicitement connue du voyageur *ex ante*. Celui-ci choisit son heure de départ à l'avance (lorsqu'elle est estimée ou « observée » la distribution des temps de parcours). Dans la pratique actuelle, on suppose que le mode, l'itinéraire ou le service, et l'origine et la destination du déplacement sont fixes. Il n'existe pas encore d'approche d'évaluation ni de prévision de la demande qui rende compte du fait que les voyageurs (au moins certains d'entre eux) intègrent dans leur choix d'itinéraire des informations « imprévues » sur la fiabilité, obtenues en temps réel (alors que le voyage a déjà commencé). Le voyageur peut recourir aux informations sur les variations « prévues » (selon l'heure ou l'époque de l'année) pour choisir son heure de départ, mais on considère qu'une fois en chemin, il devient un destinataire passif, non autrement informé des résultats relatifs au temps de parcours.

Évaluation de la fiabilité

Fosgerau (chapitre 2) présente dans les grandes lignes une structure théorique du processus qui permet au voyageur de prendre une décision rationnelle face à l'incertitude de son temps de parcours à venir. Les modèles se situent dans la tradition des modèles horaires de Vickrey (1969) et de Small (1982), dans lesquels l'utilité du déplacement dépend à la fois de la valeur moyenne et de l'écart type des temps de parcours. Cette définition est intéressante en ce qu'elle montre comment le voyageur évaluera les réductions de cette variation, même lorsque le temps de parcours escompté (c'est-à-dire le temps de parcours moyen) demeurera inchangé, de sorte que la mesure de la fiabilité est conceptuellement distincte de la réduction du temps de parcours prise en compte par ailleurs dans l'ACA. On estime que les deux variantes peuvent être appliquées à différents types de déplacements :

- Le modèle à étapes, dans lequel les voyageurs accordent une grande importance au fait d'arriver à destination à une heure précise (mais pas à d'autres facteurs), présente un intérêt particulier quand le déplacement a pour but de se rendre au travail – et que ce travail commence à heure fixe – ou à un rendez-vous. Les voyageurs décrits dans ce modèle seront incités à se ménager une marge en partant plus tôt que ne l'imposeraient le temps de parcours moyen et leur heure d'arrivée souhaitée.
- Le modèle à pente, dans lequel la préférence des voyageurs pour atteindre leur destination varie plus progressivement, convient mieux à ceux qui ne se préoccupent pas de l'heure précise d'arrivée, comme lors d'un déplacement de loisirs ou d'un déplacement professionnel dont l'heure d'arrivée est souple. Les voyageurs décrits dans ce modèle ne prendront pas de marge supplémentaire lorsqu'ils décideront de leur heure de départ.

Mathématiquement, chaque modèle implique d'utiliser une grandeur de variabilité différente pour réaliser l'évaluation. Le modèle à étapes donne une évaluation exprimée en écart type (Fosgerau

(chapitre 2) montre d'ailleurs que le modèle est compatible avec plusieurs autres mesures de dispersion, comme le retard moyen, si la forme de la distribution des temps de parcours est fixe). Le modèle à pente, en revanche, donne une évaluation exprimée en variance. La distinction est importante en pratique, car la variance est plus facile à additionner d'une liaison à l'autre d'un trajet multimodal pour obtenir une mesure agrégée de la variabilité.

Pour évaluer la durée moyenne et la fiabilité des parcours, on ajuste (structurellement ou par réduction) les équations du modèle à l'ensemble de données utilisé. On considère généralement que ces évaluations correspondent aux coûts internalisés par les voyageurs eux-mêmes, mais des tiers peuvent aussi encourir des frais (par exemple un collègue participant à la même réunion) (Fosgerau et al., 2014). Les deux types d'ensembles de données utilisables pour l'estimation empirique sont les préférences déclarées, tirées des réponses à des enquêtes utilisant des questionnaires à choix multiples, et les préférences révélées, tirées des résultats de déplacements observés. Ces méthodes ont leurs points forts et leurs points faibles, qui ont été examinés lors de la Table ronde (Tableau 1.1).

Fosgerau (chapitre 2) souligne que les hypothèses de rationalité qui sous-tendent les modèles horaires peuvent poser des problèmes importants lorsqu'elles sont utilisées pour estimer la valeur de la fiabilité à l'aide de préférences déclarées. Sans nier ces problèmes, les participants de la Table ronde n'étaient pas tous d'accord avec la suggestion de Fosgerau, qui pensait que l'évaluation basée sur des préférences déclarées devrait être abandonnée au profit de méthodes fondées sur les préférences révélées. Toutefois, les participants se sont effectivement accordés à dire qu'il fallait continuer d'étudier activement les méthodes fondées sur les préférences révélées, car le volume de données de haute qualité de ce type dont disposent les chercheurs augmente rapidement avec le développement des systèmes de billetterie par carte à puce dans les transports publics, l'installation de dispositifs GPS dans les véhicules et l'accès aux données de localisation des *smartphones*. Par ailleurs, il est sans doute possible de tirer parti des points forts des deux sources de données en combinant préférences déclarées et révélées dans l'estimation (Ben-Akiva et Morikawa, 1990).

Tableau 1.1. Méthodes d'évaluation des avantages en matière de fiabilité

Méthode	Points forts	Points faibles
Préférences déclarées	<ul style="list-style-type: none"> • Il est relativement peu coûteux d'obtenir un large échantillon. • On peut contrôler la plage de variation. • L'observation répétée de chaque répondant permet de neutraliser l'influence personnelle/locale qui s'exerce sur ses choix. • On peut recadrer les questions en fonction des hypothèses (par exemple en cas de distribution connue <i>ex ante</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> • Les questionnaires à choix multiple ne permettent pas toujours aux répondants de rendre compte de leur véritable comportement. • Les évaluations de la fiabilité diffèrent selon qu'il s'agit d'une estimation structurelle ou en forme réduite. • Les préférences déclarées sont très difficiles à utiliser dans le secteur du fret – quelle partie de la chaîne d'approvisionnement interroger ?
Préférences révélées	<ul style="list-style-type: none"> • Elles permettent d'observer les comportements et décisions réels. • Elles offrent une couverture plus complète. • Les données de ce type sont de plus en plus largement accessibles. • Elles permettent de fournir des évaluations pour le secteur du fret (qui peuvent toutefois sous-évaluer les valeurs véritables). 	<ul style="list-style-type: none"> • La génération des résultats de l'évaluation exige une énorme quantité de données (et une grande puissance de traitement). • Les effets du temps de parcours moyen et de la variabilité sur les choix de déplacement peuvent être difficiles à dégager. • Il peut s'avérer difficile d'introduire une dimension monétaire.

Source : FIT, sur la base des discussions de la Table ronde et Fosgerau (chapitre 2).

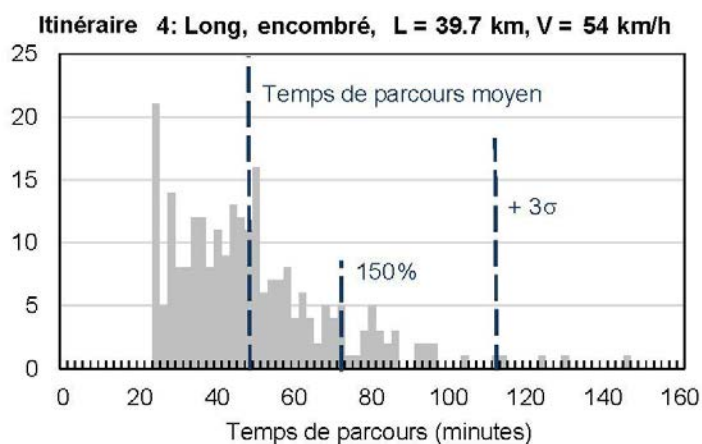
Des travaux de recherche supplémentaires permettraient probablement d'étendre la méthode d'évaluation issue du transport de passagers en automobile. Dans le cas de la fiabilité des services de transports publics, il se peut que, tout comme avec le temps de parcours *moyen*, les voyageurs fassent l'expérience d'une désutilité disproportionnée en raison de la *variation* des composantes du déplacement (temps d'attente, temps passé à bord du véhicule) et à ses conditions (place assise ou debout). Ainsi, 10 minutes de station debout imprévue dans un bus peuvent générer une plus grande désutilité que 10 minutes supplémentaires à bord d'un véhicule dans lequel on est assis. Certains participants considéraient que l'évaluation du transport de marchandises était en pratique plus simple à modéliser et à estimer, en raison du caractère explicite des incitations. Cela étant, les enjeux du fret sont peut-être plus fondamentaux. Les opérateurs de fret seront vraisemblablement bien informés des niveaux de variabilité et auront vraisemblablement modifié leurs opérations préalablement au « déplacement marginal » considéré (que les préférences utilisées soient déclarées ou révélées). Les coûts liés au manque de fiabilité (et, par voie de conséquence, ses avantages) proviendront principalement de la réorganisation des opérations et des modifications de la flotte et des effectifs, engagées pour offrir aux clients un niveau de service aussi proche que possible du niveau requis. Le cadre de l'ACA marginale ne sera pas aisé à étendre de façon à couvrir ces coûts, qui sont pourtant susceptibles d'être importants.

Prévision de la fiabilité

Il est difficile de mesurer, et plus encore de prévoir, de façon cohérente les distributions *ex ante* des temps de parcours qui attendent les usagers de la route entre un point A et un point B. Comme indiqué plus haut, pour une heure et un jour de départ donnés, chaque voyageur aura sa propre attente *ex ante* du temps de parcours ; cette attente peut se présenter sous la forme d'une plage de valeurs ou d'une estimation ponctuelle, elle a toutes les chances de varier considérablement d'une personne à une autre et elle n'est pas observable. *Ex post*, un temps de parcours isolé peut être observé à l'aide de systèmes de reconnaissance automatique des plaques minéralogiques ou de capteurs à boucles.⁵ Cependant, en l'absence de la moindre donnée concrète permettant d'élaborer un modèle théorique de formation des attentes, toute méthode doit établir un lien entre les données réelles observées et les attentes des voyageurs. L'approche de Kouwenhoven et Warffemius (chapitre 3) consiste à supposer que les voyageurs prévoient la durée de leur déplacement en fonction des temps observés à la même heure dans un passé récent (et même en intégrant des valeurs relatives à un futur proche). Le manque de fiabilité *ex ante* perçu par le voyageur est supposé s'aligner sur la distribution *ex post* des temps de parcours (autour de la valeur anticipée).

Lors du fractionnement des distributions *ex post* en tranches de 15 minutes, Kouwenhoven et Warffemius (chapitre 3) excluent les temps de parcours observés aberrants, qui relèvent d'« événements extrêmes », comme le recommandent de Jong et Bliemer (On including travel time reliability of road traffic in appraisal, 2015) (Graphique 1.4). Cette approche a divisé les participants : les événements extrêmes devaient-ils être pris en compte dans un cadre d'évaluation et de prévision distinct, ou intégrés dans un cadre unique ? Dans le cas néerlandais, l'étude d'évaluation ne couvrait pas les retards extrêmes au motif qu'elle était fondée sur des enquêtes de préférences déclarées. Qui plus est, les courbes vitesse-débit qui servaient de base aux calculs des temps de parcours dans le modèle de transport néerlandais ne prenaient pas non plus en compte les événements extrêmes. Pour Kouwenhoven et Warffemius (chapitre 3), l'objectif était donc de maintenir la cohérence, et non d'ignorer ces observations concrètes et importantes. L'intégration des événements extrêmes dans ce modèle ou dans un outil séparé fait partie des facteurs d'amélioration à long terme du modèle néerlandais de traitement a posteriori de la fiabilité. En attendant, un participant à la Table ronde a suggéré de maintenir les valeurs extrêmes dans l'échantillon et d'appliquer une autre mesure de dispersion comme grandeur de fiabilité (puis de transformer les résultats pour les faire concorder avec l'écart type de l'étude d'évaluation).

Graphique 1.4. Exemple d'histogramme de temps de parcours



Note : Événements extrêmes exclus, trois écarts types au-dessus de la moyenne.

Source : Kouwenhoven et Warffemius (voir le chapitre 3).

Dans la plupart des cas, la prévision du manque de fiabilité *ex post* consiste simplement à établir un lien avec les résultats d'un modèle stratégique de transport. Sachant que ces modèles sont le plus souvent basés sur les temps de parcours à l'équilibre de différents itinéraires durant une période future donnée, leurs résultats sont davantage des estimations ponctuelles que des distributions. Il est certes possible qu'un retard observé un jour donné soit absolument sans rapport avec les volumes et les vitesses de circulation, mais le principe est d'appréhender la part systématique du manque de fiabilité susceptible d'être anticipée. Cela va dans le sens de la mise à l'écart des observations correspondant à des événements extrêmes, lorsque les retards sont susceptibles de n'avoir strictement aucun rapport avec les volumes de circulation.

Kouwenhoven et Warffemius (chapitre 3) rapprochent leurs observations relatives au manque de fiabilité d'observations des temps de parcours moyens sur la période considérée. Les données d'expérience internationale sur la question sont nombreuses, tout comme les formes fonctionnelles que peut prendre cette analyse. Les participants à la Table ronde ont formulé des suggestions pour améliorer la cohérence logique et l'adéquation de leur ensemble de données, comme l'importance d'une normalisation des retards moyens par longueur d'itinéraire, mais, pour l'essentiel, ont reconnu que cette approche était conforme aux meilleures pratiques, compte tenu des outils actuellement disponibles. Une forte relation positive a été observée dans les données autoroutières néerlandaises entre le retard moyen sur un trajet origine-destination donné et la variabilité de ce trajet, bien que les caractéristiques spécifiques de la relation varient selon que la régression des données est faite sur l'ensemble des itinéraires ou sur l'ensemble des périodes pour un itinéraire donné (les auteurs préférant de loin la première approche).

Munis d'une relation empirique entre les temps de parcours moyens (et d'autres résultats du modèle stratégique), les chercheurs sont en mesure de prédire comment la fiabilité pourra s'améliorer si les opérations de transport agissent sur la nature des itinéraires et sur le retard moyen qu'ils engendrent. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre comment prévoir les effets, sur la fiabilité, de certains projets, comme le contrôle des accès ou les couloirs réservés aux autobus qui ciblent spécifiquement le manque de fiabilité (peut-être aux dépens des temps de parcours moyens). Les participants à la Table ronde ont indiqué que, d'une manière générale, les projets *améliorant indirectement* la fiabilité tendaient à suivre la même courbe d'arbitrage entre fiabilité et retard moyen, alors que les projets *ciblant spécifiquement* la fiabilité pouvaient entraîner un déplacement de la courbe.

Le projet de contrôle des accès mis en œuvre sur l'autoroute A6W près de Paris, qui tend à montrer que les avantages liés à la fiabilité sont du même ordre de grandeur que les économies de temps, en est un exemple (Bhourri et Kauppila, 2011). Des éléments de preuve *ex post* supplémentaires devraient permettre de mieux appréhender la prise en compte des effets découlant de ce type de projets.

En combinant paramètres d'évaluation et modèle de prévision dans un test réalisé sur trois projets, Kouwenhoven et Warffemius (chapitre 3) ont estimé que les avantages liés à la fiabilité représentaient de 15 % à 60 % de la réduction du temps de parcours. Cela porte à croire que, même en cas de relation relativement simple entre les temps de parcours moyens et la variabilité, l'approche globale est sensible à d'autres dimensions des projets. Cela souligne également à quel point il importe de saisir la diversité des effets d'un projet de manière plus subtile que ne le permet l'approche fondée sur une simple majoration (de 25 %) actuellement utilisée par les Pays-Bas.

Pistes pour l'avenir

Dans cette section ont été examinées les méthodes actuellement appliquées qui, bien qu'imparfaites, constituent un progrès majeur par rapport à l'exclusion des avantages liés à la fiabilité (ou par rapport à la simple majoration des réductions de temps de parcours). Les débats qui se sont tenus lors de la Table ronde ont mis en évidence certaines limitations ainsi que les pistes possibles pour continuer d'améliorer la théorie et la pratique :

- Meilleure connaissance des attentes – les problèmes de rationalité identifiés par Fosgerau (chapitre 2) doivent encore être résolus avant que les professionnels puissent utiliser en toute confiance les évaluations de fiabilité des études de préférences déclarées. La disponibilité des informations (notamment les communiqués en temps réel sur l'état du trafic) est également susceptible de jouer un grand rôle dans la compréhension des vraies conséquences du manque de fiabilité pour les voyageurs.
- Établissement d'un fondement théorique – plusieurs participants ont émis l'opinion que la confiance dans les prévisions de fiabilité serait renforcée si l'on donnait une base théorique aux interactions entre le réseau de transport (offre) et les voyageurs (demande), c'est-à-dire en définissant des relations comportementales réelles et rationnelles.
- Intégration du retour d'information de la demande – l'absence de boucle rétroactive entre les attentes et les comportements en matière de fiabilité (au-delà du choix d'horaire) a été citée parmi les limitations particulières lors de la Table ronde et par de Jong et Bliemer (2015). La fiabilité fait assurément partie du coût généralisé supporté par un voyageur, alors comment le choix de l'itinéraire, du mode de transport et même de l'origine et de la destination obéit-il aux différents niveaux de fiabilité ?
- Rôle de la fiabilité dans la réorganisation des chaînes logistiques et dans le changement de lieu de résidence – il sera certainement utile d'appréhender les réactions non marginales des ménages et des entreprises face à différents niveaux de fiabilité pour fixer l'axe stratégique d'amélioration de ce paramètre.
- Désagrégation et extension – l'exposé ci-dessus et les discussions menées lors de la Table ronde ont mis en évidence la diversité des types de voyageurs, de leurs motifs de déplacement ainsi que de l'accès dont ils disposent aux informations en temps réel (et l'utilisation qu'ils font de ces données). Ces aspects auront une incidence sur la manière dont les voyageurs percevront le manque de fiabilité et y feront face, ce qui influera au final sur l'évaluation et la prévision. Les travaux futurs devront donc se concentrer sur la désagrégation des données en unités

pertinentes afin d'améliorer l'exactitude des éléments en entrée de l'ACA. Les approches devront aussi être étendues au transport de marchandises et au transport public pour assurer l'exhaustivité et la comparabilité des résultats de l'ACA tous types de projets confondus.

- Partage des données et confrontation des expériences – plusieurs participants à la Table ronde ont exprimé le souhait d'une collaboration internationale plus étroite entre les chercheurs en vue d'une mise en commun des techniques, des données et des résultats. La Table ronde elle-même a été considérée comme une avancée utile dans ce sens.

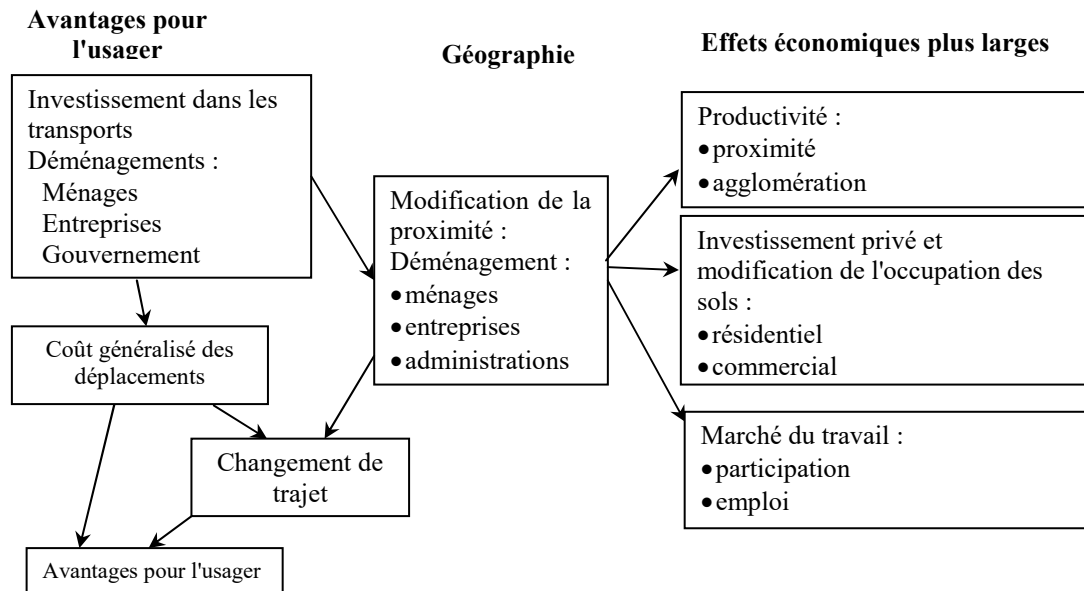
Plusieurs de ces domaines d'amélioration possible relèvent plutôt de projets de recherche à long terme, mais l'importance de la fiabilité pour les voyageurs et pour l'économie en général justifie qu'on accorde à ces domaines une attention particulière, de sorte que les projets qui visent principalement l'amélioration de la fiabilité occupent une juste place dans la liste des priorités. En attendant, les experts présents à la Table ronde ont été unanimes à dire que la pratique actuelle est suffisamment bien développée pour commencer à intégrer la fiabilité dans l'ACA des grands projets de transport.

Prise en compte des effets économiques plus larges dans l'ACA

À la section précédente, nous avons expliqué que les avantages liés à la fiabilité étaient difficiles à intégrer dans l'ACA en raison de problèmes pratiques d'évaluation et de prévision. La présente section s'intéresse plus particulièrement aux effets économiques plus larges, dont la prise en compte dans l'ACA n'est pas plus simple puisque leur existence découle d'éléments contrevenant aux hypothèses de travail de l'ACA classique. Cette situation soulève des questions théoriques d'additionnalité, qui s'ajoutent aux défis pratiques posés par l'évaluation et la prévision.

Venables (chapitre 5) propose un cadre conceptualisant l'interaction entre les avantages directs pour les usagers découlant d'une amélioration des transports et les effets économiques plus larges (Graphique 1.5). Les effets regroupés sur la gauche sont estimés au moyen de techniques de prévision de la demande ; ils sont évalués à l'aide d'approches classiques de l'économie du bien-être. Sur le plan conceptuel, ces avantages directs pour les usagers représentent la totalité de l'amélioration du bien-être découlant d'une amélioration marginale des transports, sous réserve de rendements d'échelle constants et de marchés complets et parfaitement concurrentiels.⁶ Ces dix dernières années, les enseignements et les techniques issus de la « nouvelle géographie économique » (entre autres domaines) ont été progressivement incorporés dans des cadres plus évolués d'analyse coût-avantages des transports. L'encadré au centre du graphique peut être considéré comme la description des changements survenant dans la géographie économique ou dans l'occupation des sols, qui sont souvent laissés de côté dans les modèles stratégiques de transport, et donc dans l'ACA classique. La prise en considération des éléments concrets qui contreviennent aux hypothèses de l'ACA classique (rendements d'échelle croissants ou imperfections du marché, par exemple) et des changements dans la géographie économique qui découlent d'un projet de transport permet d'envisager que certains changements dans le bien-être économique ne sont pas restitués dans les avantages directs pour les usagers (ni dans les coûts externes). Ces avantages potentiels sont présentés dans la colonne de droite du graphique comme des effets économiques plus larges.

Graphique 1.5. Cadre de séparation des avantages pour les usagers et des effets économiques plus larges



Source : Repris de Venables (chapitre 5).

Changements dans la géographie économique

Les modifications de l'accessibilité – qu'elles soient définies en termes de temps de parcours routier moyens, de fiabilité accrue des transports ou de développement des transports publics – encourageront une partie des ménages, des entreprises et des administrations publiques à repenser leur choix de lieu d'installation. Ainsi, un ménage pourra décider de déménager plus près d'une nouvelle gare ferroviaire pour améliorer ses options de transport quotidien ou pour éviter d'acquérir un deuxième véhicule. Un membre d'un autre ménage pourra, lui, faire le choix d'un trajet journalier plus long et accepter un emploi mieux rémunéré qu'un récent aménagement routier aura mis à moins de 45 minutes. Une entreprise de logistique pourra profiter d'une réduction des temps de parcours routier ou d'une amélioration de la fiabilité pour déménager sur un site à moindre coût qui lui permettra de desservir un vaste marché en effectuant l'aller et le retour dans la journée (Weisbrod, chapitre 4). D'autres entreprises réorganiseront peut-être leurs activités internes, déménageant certaines fonctions (des emplois peu qualifiés, par exemple) dans des zones meilleur marché éloignées du centre-ville si la connectivité s'améliore (voir, par exemple, la section 5.3.3 in de Rus, 2009). De plus en plus souvent, les analyses *ex post* (comme Weisbrod, chapitre 4) mettent en lumière des ajustements « microscopiques » de cette nature au sein des unités décisionnelles, mais ces ajustements ne sont généralement pas intégrés dans les modèles stratégiques de prévision de la demande. Ils peuvent se produire après un certain laps de temps et il n'est pas toujours facile de les attribuer avec certitude à une amélioration particulière des transports.

En tout état de cause, les participants à la Table ronde – tout comme les études de cas – ont souligné le fait que les décisions privées des ménages et des entreprises n'étaient pas toujours liées de manière directe et prévisible à l'amélioration des transports (Weisbrod, chapitre 4). Les effets du transport sur la géographie économique dépendent également d'autres acteurs :

- les collectivités territoriales, dont les plans et les règles encadrent le développement (terrains destinés à un usage commercial ou résidentiel, ou densité maximale de construction) ;

- les populations locales, qui peuvent influencer sur les décisions des précédentes en matière d'occupation des sols en s'élevant contre des projets d'aménagement ou en insistant pour que des améliorations locales soient intégrées aux plans afin de permettre des activités supplémentaires ;
- les promoteurs immobiliers, qui au final doivent faire les premiers investissements, parfois à risque, pour offrir des espaces dans de grands immeubles résidentiels et commerciaux.

La rénovation de zones ou la création de pôles nécessiteront probablement des actions coordonnées, en plus des investissements dans les transports. Les résultats concrets d'un projet de transport en termes de changements dans l'occupation des sols sont donc difficiles à prévoir, et presque impossibles à modéliser sans une bonne connaissance des conditions locales. L'approche des États-Unis fondée sur des études de cas comprend des entretiens avec un grand nombre d'acteurs de premier plan (comme des promoteurs et des chambres de commerce), ce qui permet d'appréhender ce panorama plus large (Weisbrod, chapitre 4). Les interdépendances propres aux changements dans l'occupation des sols nécessitent d'utiliser des scénarios (par exemple un scénario « ambitieux » dans lequel les intervenants agissent de façon coordonnée et les nouveaux pôles prospèrent, opposé à un scénario « modeste » dans lequel peu d'activités nouvelles sont générées) et de disposer de données probantes sur l'ampleur des changements dans tout scénario. Deux sources de données ont été examinées : la remontée de l'information locale et la modélisation formelle.

Venables (chapitre 5) est favorable à un recours aux flux « ascendants » d'informations locales, comme la documentation sur la planification (concernant par exemple le nombre de logements supplémentaires proposés), les entretiens avec les parties prenantes et les informations techniques relatives au dispositif de transport (capacité de navettes supplémentaires aux heures de pointe, par exemple), pour se faire une meilleure idée du lieu, de l'ampleur et du calendrier probables des changements en matière d'emploi et de population générés par le projet. Les données probantes *ex post* qui ressortent de projets similaires seraient, à l'évidence, utiles à la mise sur pied de ces plans locaux. Cette approche pourrait convenir, en particulier aux dispositifs les plus réduits dont les effets sont localisés, mais certains participants à la Table ronde pensaient qu'elle pourrait comporter des biais et des incohérences dans l'évaluation.

Les outils de modélisation formelle, comme les modèles LUTI, qui ciblent les interactions entre les systèmes de transport et l'occupation des sols, cherchent à intégrer les réactions sur le plan de l'affectation des terres dans un modèle stratégique de transport sur une vaste zone géographique. Malheureusement, ces modèles sont coûteux et complexes, et leur capacité prédictive n'a pas été rigoureusement testée (Worsley, 2014). Sur le plan conceptuel pourtant, les modèles LUTI offrent des informations beaucoup plus riches que les approches ascendantes, en ce qu'ils permettent, par exemple, de rendre clairement compte de nombreux petits déplacements d'activité vers la zone d'exécution du projet à partir de différents territoires (Venables, chapitre 5). Plusieurs participants ont fait observer les progrès réalisés dans l'élaboration et l'application des modèles LUTI, comme en témoigne l'évaluation du projet d'aménagement urbain et de transport du Grand Paris (de Palma, 2014).

Imperfections du marché et externalités

Les changements opérés dans la géographie économique peuvent simplement refléter les effets directs du transport sur les usagers, qui, par le biais des prix (des terrains et des loyers notamment) et des volumes, se répercutent sur l'économie. En l'absence de coûts externes ou d'autres imperfections du marché, ces réorganisations spatiales présenteraient un intérêt pour les décideurs et les spécialistes de l'aménagement, mais n'auraient pas d'effet sur les résultats d'ensemble de l'ACA (Venables, chapitre 5). Prenons le cas d'une entreprise de logistique qui rejoint un pôle émergent : elle s'installerait plus loin sur

une nouvelle autoroute, augmentant ainsi la demande sur une liaison (« nouvel usager ») et réduisant la demande sur une autre (« usager perdu »). Par conséquent, *si ce déplacement peut être prévu avec précision*, le gain social sera mesuré au moyen de la « règle de la division par deux » de l'ACA classique (Venables, chapitre 5).⁷ Il est possible que les modèles de prévision classiques ne saisissent pas pleinement la variété et l'étendue de ces réponses, et que certains ajustements « hors modèle » puissent dès lors s'avérer nécessaires pour rendre correctement compte des résultats futurs.

Les difficultés que présente la mesure directe des retombées économiques cumulées d'une amélioration des transports à partir de données *ex post*, en particulier au niveau des projets, ont été expliquées à la deuxième section de ce chapitre. Venables propose donc plutôt de continuer à utiliser la mesure des avantages directs pour les usagers qu'offre l'ACA, et d'y ajouter les effets économiques plus larges lorsque certaines imperfections du marché peuvent être détectées et quantifiées de manière fiable. Trois grands types d'imperfections du marché ont été examinés lors de la Table ronde :

- Les économies d'agglomération, qui sont réalisées lorsque le total des gains sociaux dus au nombre de travailleurs supplémentaires d'un secteur rejoignant un même pôle est supérieur aux gains réalisés par l'entreprise qui se relocalise ou par les travailleurs eux-mêmes. Le pôle dans son ensemble tire profit du plus grand potentiel d'échange, de l'accès à un marché du travail plus étoffé et des plus vastes perspectives de spécialisation, de coordination et de coopération qui s'offrent à la main-d'œuvre et aux entreprises. Ces effets demeurent, alors même que les technologies de l'information rendent inutiles certains contacts personnels.⁸
- La charge fiscale sur le travail (et les allocations de chômage versées par un organisme public), qui implique que la somme des avantages perçus par les individus du fait de leur situation d'emploi (après prise en compte des impôts acquittés et du manque à gagner en termes de prestations lié à l'exercice d'une activité) est inférieure aux gains que la collectivité tire d'une augmentation de l'offre de travail (autrement dit, il existe un écart lié à la fiscalité dans la mesure où le surcroît de recettes fiscales est avantageux pour la société).
- Les divergences prix-coût – dues au pouvoir de marché (notamment des promoteurs immobiliers), aux restrictions imposées par l'État (comme les contrôles de planification) ou aux économies d'échelle dans la fourniture de services et de réseaux de services. Ces divergences signifient que les améliorations des transports qui entraînent de nouveaux aménagements fonciers dans certains endroits peuvent générer des gains sociaux supplémentaires. Les transports eux-mêmes peuvent conduire à des gains sociaux si le volume des échanges augmente (ou si le pouvoir de marché est réduit) dans les secteurs où les prix s'écartent du coût marginal.

Ces imperfections signifient que l'amélioration des transports *peut* générer des avantages nets pour la communauté nationale au-delà des avantages directs pour les usagers.

Identification et évaluation des avantages

Venables (chapitre 5) souligne que les imperfections de marché décrites précédemment sont une condition nécessaire mais non suffisante pour identifier les avantages économiques plus larges pour la société qui découlent d'une amélioration des transports. Il nous faut démontrer dans quelle mesure les emplois ou les investissements induits par l'amélioration des transports n'auraient pas pu être créés ailleurs dans le pays en l'absence du projet. En d'autres termes, nous devons mettre en évidence que les activités induites par le projet de transport ont une valeur sociale plus élevée que celles qui auraient eu lieu sans lui (Venables et al., 2014). Venables fait valoir que, dans les économies développées,

l'hypothèse de départ qui s'impose est que 100 % des nouvelles activités dans une région donnée concernée par un projet de transport se seraient développées ailleurs dans le cas contrefactuel.

En plus d'un cadre théorique robuste, il est nécessaire de disposer d'une solide base de données probantes pour démontrer, évaluer et prévoir les effets économiques plus larges, avant de pouvoir inclure ceux-ci dans une ACA. Le degré d'élaboration de cette base diffère selon le type d'avantages et selon les pays membres. Venables et les participants à la Table ronde ont passé en revue la pratique actuelle concernant la prise en compte de trois avantages particuliers.

Économies d'agglomération

La méthode de quantification des avantages d'agglomération découlant d'une amélioration des transports comprend généralement deux étapes : 1) établissement d'une relation empirique entre la productivité d'une travailleuse et son accès à l'emploi (ou, plus techniquement, l'accès à la « masse économique » ou la « densité effective ») ; et 2) détermination de la mesure dans laquelle un projet de transport améliore cet accès à l'emploi.

L'estimation des élasticités s'appuie sur des données transversales qui montrent que les pôles industriels et les villes de plus grande taille enregistrent des taux de production par travailleur plus élevés. Des effets substantiels ont été constatés : les estimations font apparaître que la productivité d'une ville de 5 millions d'habitants est de 12 % à 26 % plus élevée que celle d'une ville de 500 000 habitants (Venables, chapitre 5). Pour être utiles à l'ACA appliquée au secteur du transport, les élasticités doivent isoler la composante marginale de la productivité *attribuable* à l'amélioration de l'accès. Des progrès importants ont été réalisés ces dernières années pour améliorer cette relation en neutralisant d'autres facteurs explicatifs des écarts de productivité, tels que le choix personnel des travailleurs plus qualifiés de travailler dans de grandes villes. D'autres variables de confusion doivent encore être étudiées, comme la qualité du réseau de transports publics, qui est corrélée à la taille du pôle, mais n'est peut-être pas encore pleinement prise en compte dans l'unité de mesure d'accès utilisée dans les études empiriques. Les données probantes *ex post* du projet peuvent être utiles pour déterminer les effets marginaux du transport dans ce contexte. Plusieurs participants ont également déconseillé de transposer les élasticités d'un contexte à un autre, compte tenu de la multiplicité des facteurs contextuels inscrits dans les résultats. Néanmoins, il a été largement reconnu que les techniques qui servent à estimer les élasticités d'agglomération sont relativement éprouvées, même si l'on ne dispose pas des données idéales dans tous les pays et les contextes.

Au Royaume-Uni en particulier, une distinction est opérée entre le « regroupement statique » et le « regroupement dynamique » (Venables, chapitre 5). Il y a regroupement statique lorsque l'amélioration des transports développe les accès à un pôle d'emplois et à l'intérieur de ce pôle, même si les travailleurs ne changent pas de domicile ni de lieu de travail. Le regroupement statique est relativement facile à estimer à l'aide des résultats classiques (occupation des sols inchangée) du modèle stratégique de transport, mais, même dans ce cas, des complications peuvent se présenter en pratique, comme celle de la définition exacte de l'accessibilité dans un contexte multimodal. Par exemple, si un nouveau mode de transport en commun est mis en place, l'indicateur d'accessibilité pertinent sera-t-il le temps de parcours moyen prévisionnel par mode ou une relation du « logsum »⁹ des gains de temps (qui rend compte de la valeur d'option des modes supplémentaires) ?

Le regroupement dynamique est l'intensification d'un pôle d'emplois qui se produit lorsque des travailleurs (ou des entreprises) s'y installent suite à une amélioration de l'accessibilité. Cette intensification a, sur le pôle, des effets à la fois positifs (gains de productivité) et négatifs (congestion) qui doivent être pris en compte. Par rapport à un scénario sans projet, cette relocalisation d'emplois et d'entreprises peut sensiblement affaiblir le pôle d'origine des personnes physiques et morales qui déménagent. Venables (chapitre 5) cite l'exemple du projet londonien CrossRail, qui vise à accroître la taille du pôle de services financiers de la City de Londres, et affirme que, sans le projet, les travailleurs

concernés n'auraient pas travaillé dans un autre pôle, de sorte que l'effet d'agglomération est manifestement positif dans ce cas particulier.

Effets sur le marché du travail

Si l'amélioration des transports incite les travailleurs soit à changer d'emploi pour prendre un poste plus productif (un poste situé plus loin en centre-ville, par exemple), soit à accroître leur offre de travail (en faisant des heures supplémentaires), alors il y a une augmentation *brute* de la valeur produite. Sur le plan du bien-être, le seul gain net est l'amélioration du solde budgétaire des administrations publiques. Lorsqu'ils équilibrent leur revenu, leurs loisirs et leurs coûts de déplacement, les travailleurs prennent leurs décisions sur la base de leur revenu après impôt, alors que leur production est évaluée sur celle du montant avant impôt versé par leur employeur. Ce « coin fiscal » (qui prend également en compte la dégressivité des prestations liées à l'emploi) constitue le paramètre d'évaluation adéquat. Il sera certes différent pour chaque économie et pour l'éventail des travailleurs qui étendent leur offre de travail, mais pourra être estimé sur la base de renseignements facilement disponibles.

Ce qui pourrait peut-être intéresser davantage les responsables politiques, c'est la question de savoir si l'activité économique générée par un projet, que ce soit pendant la construction ou l'exploitation, est effectivement une activité supplémentaire et correspond donc à des emplois entièrement nouveaux. Les avantages résultant de la sortie d'une période de chômage *subie* seront considérables et certainement d'une grande importance pour le travailleur concerné. Cela étant, Venables (chapitre 5) soutient que, dans la plupart des économies développées, la main-d'œuvre nécessaire à un projet de transport sera très probablement composée de personnes qui occupaient déjà un autre emploi (donc sans valeur ajoutée sur le plan social) ou de personnes qui font des heures supplémentaires (prises en compte dans le calcul du coin fiscal décrit précédemment).

Investissement immobilier induit

S'il est vrai que les deux groupes d'avantages précités sont bien établis dans les lignes directrices et la pratique de l'ACA de plusieurs pays (notamment le Royaume-Uni et la Nouvelle-Zélande), Venables (chapitre 5) étudie d'autres domaines dans lesquels des effets plus larges pourraient découler de projets de transport favorisant l'investissement immobilier. L'auteur examine deux types de situations dans lesquelles l'investissement induit pourrait être associé à des gains sociaux. La première situation est la construction connexe de logements, quand une amélioration des transports permet d'assouplir les restrictions en matière d'aménagement là où les prix sont inférieurs aux coûts sociaux marginaux. Le bénéfice additionnel est proportionnel à l'écart prix-coût.

Les économies d'échelle dans la fourniture des services sociaux et des services publics peuvent créer des écarts prix-coût importants, qui devraient être pris en compte dans certains cas. Ainsi, à Sydney, en Australie, les coûts relatifs en ressources de la fourniture de logements supplémentaires dans un plan d'occupation des sols de moyenne densité se sont avérés très inférieurs aux coûts associés à une urbanisation de faible densité (CIE, 2012). Cela peut être dû à des économies d'échelle dans les infrastructures de réseau (on utilise les capacités des réseaux primaires au lieu d'étendre lesdits réseaux) ou à des économies en matière d'environnement et de santé, résultant de structures de déplacement moins tributaires de la voiture. Dans une certaine mesure, le prix que paient les ménages pour le logement et la fourniture de services ne reflète pas complètement l'ensemble des coûts sociaux des autres modes de développement (Langer et Winston, 2008). Les projets de transport qui encouragent les plans d'urbanisme dont le coût social est le plus faible peuvent engendrer des économies sur les coûts en ressources, qui leur seront directement attribuables. Venables (chapitre 5) estime que, si un changement de l'aménagement et une amélioration des transports sont tous les deux nécessaires (mais non suffisants), il est impossible de répartir l'avantage entre ces deux politiques.

Le deuxième avantage examiné par Venables (chapitre 5) est le développement de grandes zones commerciales.¹⁰ Les promoteurs sont souvent en position de force sur le marché, ce qui crée un écart prix-coût, de sorte que l'expansion de la surface de plancher produira des avantages proportionnels similaires, comme dans le cas de la construction de logements examiné plus haut. L'écart prix-coût peut aussi apparaître du fait d'un manque de coordination, auquel cas le succès de l'aménagement ne sera assuré que si d'autres acteurs (ménages, promoteurs ou entreprises) investissent au même endroit. Un investissement dans les transports peut concentrer l'investissement sur un endroit particulier pour aider à sortir de l'impasse. Dans le cas du développement commercial, Venables (chapitre 5) estime que l'ampleur des aménagements peut aussi entraîner un élargissement non négligeable de la *variété* des produits proposés, ce qui, globalement, rend la zone commerciale plus attractive (et constitue une forme particulière d'avantage d'agglomération).¹¹ L'accroissement de variété génère un plus grand surplus du consommateur que si le même espace était réparti plus uniformément. (Bien entendu, il importe d'être particulièrement attentif à la perte de variété sur les autres sites pour dégager les effets nets.) Venables fait valoir que les dossiers de planification locale pourraient contenir des données d'observation utiles pour établir des évaluations en pourcentage de l'espace au sol ou d'autres dépenses locales.

Approche modulaire ou approche globale ?

Venables (chapitre 5) et plusieurs autres participants ont plaidé pour une approche modulaire proportionnelle et adaptable de l'ACA. Cela tient au fait que les outils de type « modèle unique », comme les modèles LUTI, peuvent être coûteux à déployer sans pouvoir encore prévoir de façon satisfaisante tous les effets pertinents. Pour cette raison, il est bon de disposer d'un cadre permettant d'évaluer les plus petits projets, ou les projets dont les effets sont simples et directs, à l'aide d'outils ciblés. Les projets potentiellement « transformateurs » pourraient nécessiter un ensemble d'outils très différents, à même de s'adapter au contexte économique (dans une économie en développement où l'accès aux marchés est très fortement restreint, par exemple) et aux effets anticipés du projet (comme la revitalisation d'une région touchée par la crise). Cette approche exige qu'un cadre général d'évaluation soit clairement défini, que les professionnels portent un jugement éclairé sur les effets qu'il convient de prendre en compte, et qu'un contrôle rigoureux de la qualité soit effectué, probablement au niveau national.

Certains participants ont défendu l'autre approche. Si on laissait aux promoteurs de projets (disposant des ressources nécessaires) le loisir de choisir leurs outils, ils chercheraient à « déjouer le système » en prenant en compte tout avantage qui ajouterait à la valeur actuelle nette déterminée ; les promoteurs de projets moins bien dotés seraient alors désavantagés dans le classement des projets. Une approche commune renforcerait l'équité de la hiérarchisation des projets et la comparabilité directe des résultats obtenus. Certains participants ont également souligné la nécessité d'adopter une démarche théorique cohérente sur l'ensemble des modules, notamment en ce qui concerne la nature de la concurrence sur le marché, ce qui est indispensable pour éviter de compter deux fois certains avantages.

Les études de cas et la recherche universitaire continuent de mettre au jour de nouvelles imperfections du marché et de nouveaux effets des investissements dans le secteur des transports. Les chercheurs, les professionnels et les organismes de contrôle doivent rester réceptifs à l'idée de prendre en compte de nouveaux avantages, propres à chaque cas, dès lors qu'ils peuvent être démontrés avec rigueur. En même temps, il convient de garder une saine méfiance à l'égard de l'application d'une modélisation complexe pour estimer une large palette d'avantages, en particulier lorsque cette démarche n'est pas clairement justifiée par les objectifs du projet.

Pistes pour l'avenir

Cette section a examiné les approches de prévision des changements dans la géographie économique et de détermination des gains sociaux (éventuels) qui en découleraient et qui ne sont pas déjà intégrés dans les avantages pour les usagers pris en compte par l'ACA. Les discussions qui se sont tenues lors de la Table ronde permettent de tirer plusieurs conclusions :

Les méthodes d'estimation des avantages d'agglomération et des avantages en termes d'offre de main-d'œuvre sont relativement éprouvées (même si la précision des données probantes disponibles sur les évaluations varie selon les pays). Des recherches complémentaires, en particulier sur la détermination et l'attribution *ex post* des effets de l'amélioration de l'accès aux transports sur la productivité et sur l'offre de main-d'œuvre, contribueront à améliorer la pratique et à faire en sorte que ces effets soient soumis à un examen critique rigoureux. Les responsables politiques devraient toutefois trouver un réconfort dans le fait que, lorsqu'elles sont correctement utilisées, les données probantes actuelles constituent une base suffisamment stricte pour intégrer ces avantages dans les effets essentiels des grands projets de transport. La taille et la portée de ces avantages sont telles que les solutions consistant à les exclure ou à appliquer de simples règles de majoration ont été considérées comme inacceptables par les participants à la Table ronde.

Pour tout effet plus général examiné, l'analyste doit déterminer un écart précis par rapport à l'hypothèse de perfection des marchés de l'ACA de base, ainsi que la source de toute « nouvelle » activité associée au projet. Venables (chapitre 5) apporte ce type de justification pour certains aspects du développement induit par le transport, même s'il faut encore approfondir leur examen. En l'absence d'arguments solides et rigoureux en faveur de la prise en compte d'avantages plus larges liés à un projet donné, la position établie de longue date selon laquelle les avantages pour les usagers rendent suffisamment compte de l'impact économique global du projet devrait être maintenue.

Le plus grand défi réside peut-être dans la prévision des changements de la géographie économique. Pour cette tâche, les participants ont souligné qu'il importait d'élaborer des scénarios (même pour les outils de modélisation formelle tels que les modèles LUTI), car il n'y a aucun moyen de prévoir les résultats avec fiabilité lorsque différents acteurs doivent coordonner leurs actions, comme en matière de promotion immobilière. De toute évidence, la prévision des changements dans la géographie économique doit suivre une logique cohérente dans toutes les parties de l'ACA. Il est par exemple nécessaire d'avoir le même profil de bassin d'emploi pour estimer des plans de construction de bureaux et des évolutions dans l'offre de main-d'œuvre.

Pour le moment, le choix entre une évaluation de type « avantages pour les usagers + avantages plus larges » et une évaluation fondée sur un « grand modèle » (EGC spatialisé ou LUTI, par exemple) penche en faveur de la première solution, principalement parce qu'aucun grand modèle n'est encore en mesure de prendre suffisamment en compte tous les effets pertinents d'un projet de transport. Il n'y a pas encore de stratégie universelle, applicable à tous les projets, de sorte que les décideurs reçoivent des informations partielles provenant de plusieurs cadres hétérogènes. En revanche, les grands modèles étant à même, au moins en théorie, de fournir des réponses aux questions les plus fréquentes, ils pourraient au final constituer la meilleure solution pour répondre aux critiques quant à la « pertinence » de l'ACA, exposées dans la première section de ce chapitre. Il se pourrait donc qu'un jour les grands modèles deviennent suffisamment sensibles, fiables et bon marché pour être considérés comme la méthode privilégiée d'évaluation des projets. La plupart des participants à la Table ronde étaient toutefois d'avis que ce moment n'était pas encore arrivé.

Remerciements

L'auteur remercie les rapporteurs, le président (Jonas Eliasson) et les autres participants à la Table ronde pour leurs idées et la franchise de leur débat. Que soient également remerciés pour leurs commentaires et suggestions utiles Peter Mackie, Marco Kouwenhoven, Stephen Perkins, Jari Kauppila, David Meunier, Dejan Makovšek, Jagoda Egeland, Pim Warffemius, Phil Manners, Mogens Fosgerau, Mark Ledbury, Emile Quinet et Clifford Winston. L'auteur est seul responsable des erreurs qui subsistent.

Notes

- ¹ L'étude Eddington sur les transports, au Royaume-Uni, a établi que « la prise en compte des effets sociaux et des effets sur l'environnement tend[ait] à augmenter le rendement relatif des interventions dans le domaine des transports collectifs », ce qui confirme la possibilité que des biais de ce type influe sur l'établissement des priorités lorsqu'un large ensemble d'avantages n'est pas pris en compte (Eddington, 2006: p. 139).
- ² Il a également été suggéré d'utiliser ces mêmes bases théoriques pour évaluer les relations entre la qualité du transport (congestion routière, par exemple) et les grandeurs de l'analyse des incidences économiques (emploi notamment) en forme réduite. Un participant a relevé le problème d'attribution posé par cette approche, se demandant si elle permettait de distinguer l'effet de chaque projet sur la qualité du transport. Dans la négative, l'approche ne conviendrait pas à la hiérarchisation des projets.
- ³ Une analyse *ex post* minutieuse des décisions prises peut faire apparaître les valeurs implicitement attribuées à chaque augmentation de la note dans le barème applicable à chaque objectif (Nellthorp et Mackie, 2000).
- ⁴ D'ailleurs, Weisbrod (chapitre 4) observe que, lorsque l'Administration des États-Unis a commencé à investir dans les infrastructures après la crise financière, elle a beaucoup utilisé l'ACA pour hiérarchiser les projets.
- ⁵ Indépendamment de la variation modérée des temps d'un conducteur ou d'un type de véhicule à un autre.
- ⁶ Outre ceux-là, des exceptions relativement simples à cette dernière hypothèse (coûts externes du bruit, de la pollution et des accidents) sont prises en compte dans les techniques et les principes de l'ACA classique depuis des décennies.

- 7 Selon la logique de la règle de la division par deux, le gain privé maximum que pourrait réaliser une entreprise qui déménage (baisse des coûts fonciers incluse) après le début du projet serait la réduction des coûts de déplacement (sinon, elle aurait déjà déménagé) ; le gain minimum qui conduirait une entreprise à déménager se rapproche de zéro. La moyenne de ces deux cas extrêmes est *la moitié* de la réduction des coûts de déplacement. Le gain total réalisé par les « nouveaux usagers » du fait de la baisse des coûts de déplacement est donc traditionnellement estimé à *un demi* multiplié par la *réduction des coûts de déplacement* multipliée par le *nombre de nouveaux déplacements*.
- 8 La population plus importante des villes peut aussi être associée à une demande accrue de services de grande qualité, ce qui renforce l'attrait de la ville pour une main-d'œuvre mobile (hautement qualifiée) et peut encore améliorer les gains de productivité.
- 9 Lorsqu'un projet suppose l'introduction d'un nouveau mode de transport dans une région, la simple règle de la division par deux ne permet pas d'estimer les avantages pour les usagers, car aucun temps de parcours de référence n'est défini pour ce mode, qui pourrait être comparé au temps de parcours du projet. Au lieu de cela, les avantages pour les usagers doivent être calculés directement à partir du module de choix de mode du modèle de la demande à l'aide d'un logsum. Le logsum cumule l'utilité globale à partir d'un ensemble d'options définies dans une partie de l'arborescence du choix de mode. Offrir aux voyageurs une nouvelle possibilité de déplacement permettra d'améliorer l'utilité de l'offre combinée, et certains voyageurs (mais pas tous) devraient opter pour le nouveau mode (Williams, 1977).
- 10 Il soutient que les grands projets d'immobilier de bureaux pourraient générer un avantage très similaire.
- 11 Venables (chapitre 5) souligne que l'approche fondée sur la variété ne devrait pas *s'ajouter* aux calculs d'agglomération, puisqu'il s'agit de deux façons de mesurer la même chose.

Références

- Ben-Akiva, M. et T. Morikawa, (1990), « Estimation of switching models from revealed preferences and stated intentions ». *Transportation Research Part A*, vol. 24A, n° 6, pp. 485-495.
- Bhourri, N. et J. Kauppila (2011), « Managing highways for better reliability: Assessing reliability benefits of ramp metering », *Transportation Research Record : Journal of the Transportation Research Board*, n° 2229, pp. 1-7.
- Bonnaïfous, A. (2014), « Permanent Observatories as Tools for Ex-Post Assessment: The French Case Study », *Documents de référence du Forum international des transports*, n° 2014/10, Éditions OCDE, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/5jrw2z3ttwf7-en>.
- CIE (2012), « Costs and benefits of alternative growth scenarios for Sydney, focusing on existing urban areas », préparé avec Arup pour NSW Department of Planning and Infrastructure, Sydney.
- de Jong, G.C. et M.C. Bliemer (2015), « On including travel time reliability of road traffic in appraisal ». *Transportation Research Part A*, vol. 73, pp. 80-95.
- de Palma, A. (2014), « Le Grand Paris : Quels outils, quels enjeux ? », in *Grands projets d'infrastructures de transport et développement économique*, Éditions OCDE, Paris, pp. 71-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282107737-4-fr>
- Dobes, L. et J. Bennett (2009), « Multi-Criteria Analysis: "Good Enough" for Government Work? ». *Agenda: A Journal of Policy Analysis and Reform*, vol. 16, n° 3, pp. 7-29.
- Dodgson, J.S. (1973), « External Effects and Secondary Benefits in Road Investment Appraisal ». *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 7, n° 2, pp. 169-185.
- Eddington, R. (2006), *The Eddington Transport Study: Transport's Role in Sustaining the UK's Productivity and Competitiveness*. H.M. Treasury, Londres.
- FIT (à paraître), *Ex-post assessments of transport investments and policy interventions*, Éditions OCDE, Paris.
- FIT (2010), *Améliorer la fiabilité des réseaux de transport de surface*, Éditions OCDE, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282102442-fr>
- FIT (2011), *Améliorer la pratique de l'évaluation des projets de transport*, Éditions OCDE, Paris. DOI : <http://dx.doi.org/10.1787/9789282103098-fr>
- Fosgerau, M. (2015), « The valuation of travel time variability », Documents de référence du Forum international des transports, Paris, <http://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/valuation-travel-time-variability.pdf>
- Fosgerau, M., L. Engelson et J.P. Franklin (2014), « Commuting for meetings ». *Journal of Urban Economics*, vol. 81, pp. 104-113.
- Graham, D. (2014), « Causal influence for ex-post evaluation of transport interventions », *Documents de référence du Forum international des transports*, n° 2014/13, Éditions OCDE, Paris.

- Jara-Diaz, S. (1986), « On the relation between users' benefits and the economic effects of transportation activities », *Journal of Regional Science*, vol. 26, n° 2, pp. 379-391.
- Kouwenhoven, M. et P. Warffemius (2015), « Forecasting Travel Time Reliability in Road Transport: a new Model for The Netherlands », Forum International des transports, Paris.
- Langer, A. et C. Winston (2008), « Toward a comprehensive assessment of road pricing accounting for land use », in G.a.R.P.J. Burtless, (dir. pub.) *Papers on Urban Affairs*, Brookings Institution Press, Washington, D.C., pp. 127-175.
- Mackie, P. et T. Worsley (2013), *International comparisons of transport appraisal practice: overview report*, University of Leeds, Leeds.
- McKinnon, A., A. Palmer, J. Edwards et M. Piecyk (2008), « Reliability of road transport from the perspective of logistics managers and freight operators, Report prepared for the Joint Transport Research Centre of the OECD and the International Transport Forum », Paris.
- Nellthorp, J. et P.J. Mackie (2000), « The UK Roads Review—a hedonic model of decision making », *Transport Policy*, vol. 7, pp. 127-138.
- OCDE (2013), *Ensemble pour la sécurité routière: Mise au point d'un cadre de référence international pour les fonctions de modification de l'accidentalité*, Éditions OCDE, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789282103845-fr>
- Rus, G.d. (2009), « Economic analysis of high-speed rail in Europe ». http://www.fbbva.es/TLFU/dat/inf_web_economic_analysis.pdf (consulté le 10 décembre, 2015).
- Small, K. (1982), « The scheduling of Consumer Activities: Work Trips ». *American Economic Review*, vol. 72, n° 3, pp. 467-479.
- Venables, A. (2015), « Incorporating wider economic impacts within cost-benefit appraisal », *Documents de référence du Forum international des transports*, Paris, <http://www.itf-oecd.org/incorporating-wider-economic-impacts-within-cost-benefit-appraisal>
- Venables, A., J. Laird et H. Overman (2014), *Transport investment and economic performance: Implications for project appraisal*, Department for Transport, Londres.
- Vickerman, R. (2008), « Évolutions récentes de la recherche sur les avantages économiques généraux des investissements en infrastructures de transport », in *Bénéfices économiques élargis du secteur des transports : Instruments d'investissement et d'évaluation macro-, méso- et micro-économiques*, Éditions OCDE, Paris. DOI : <http://dx.doi.org/10.1787/9789282101865-3-fr>
- Vickery, W.S. (1969), « Congestion theory and transport investment », *American Economic Review*, vol. 59, n° 2, pp. 251-260.
- Volpe Transportation Systems Center (2012), « Trends in statewide long-range transportation plans: core and emerging topics », https://www.planning.dot.gov/documents/State_plans_report_508_A.PDF (consulté le 10 décembre 2015).
- Weisbrod, G. (2015), *Estimating Wider Economic Impacts in Transport Project Prioritisation using Ex-Post Analysis*, Documents de référence du Forum international des transports, <http://www.itf-oecd.org/estimating-wider-economic-impacts-transport-project-prioritisation-using-ex-post-analysis-0>
- Williams, H.C.W.L. (1977), « On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit », *Environment and Planning A*, vol. 9, n° 3, pp. 285-344.

Worsley, T. (2015), « Summary and Conclusions of the Roundtable: Ex-post Assessment of Transport Investments and Policy Interventions », *Documents de référence du Forum international des transports*, <http://www.itf-oecd.org/quantifying-socio-economic-benefits-transport-roundtable-summary-and-conclusions>

Chapitre 2

Évaluation de la variabilité du temps de parcours

Mogens Fosgerau¹

L'objet de ce chapitre est de présenter différentes définitions conceptuelles de la variabilité du temps de parcours, d'examiner ce qu'elles impliquent sur le plan comportemental et de les replacer dans un contexte plus général, y compris d'écarts par rapport aux hypothèses sous-jacentes concernant le comportement rationnel. S'ensuit une analyse de la base empirique sur laquelle on affecte une valeur à la variabilité du temps de parcours. On en conclut qu'une juste dose de scepticisme s'impose à l'égard des préférences déclarées et qu'il conviendrait de s'intéresser aux potentialités naissantes qu'offre l'exploitation de vastes ensembles de données sur les préférences révélées. Au bout du compte, la variabilité du temps de parcours est importante sur le plan quantitatif et l'analyse coût-avantages devrait en tenir compte, en utilisant à cet effet les meilleures valeurs qu'il est possible d'obtenir, de façon à ne pas introduire un biais favorable aux projets qui ne diminuent pas cette variabilité. Omettre le coût de la variabilité du temps de parcours ne constitue pas l'option neutre.

¹ Technical University of Denmark, Kongens Lyngby (Danemark)

Introduction

Partout dans le monde, les navetteurs sont nombreux à trouver plutôt imprévisible la durée de leurs trajets domicile-travail. Aux variations systématiques suivant les jours de la semaine et les heures de la journée s'ajoute une composante aléatoire non négligeable. La variabilité aléatoire du temps de parcours est une question d'importance. Aux États-Unis, les dépenses de transport en temps et en argent se chiffrent au total à plus de 5 000 milliards USD (chiffres de 2007), ce qui représente plus de 30 % du PIB national (Winston, 2013). Toujours aux États-Unis, on estime qu'en 2011 la congestion routière a entraîné, pour les seuls déplacements professionnels, 5,5 milliards d'heures de retard et la consommation supplémentaire de 11 milliards de litres de carburant, pour un coût total de 121 milliards USD (Schrank et al., 2012). Les épisodes de congestion exceptionnels (dus à des accidents, au mauvais temps, à des événements spéciaux et autres bouleversements) représentent entre 52 % et 58 % du retard total subi dans les zones urbaines des États-Unis (Schrank et al., 2011). Ces chiffres indiquent qu'en prenant en compte la variabilité du temps de parcours, on augmenterait très nettement le coût comptabilisé de l'encombrement des routes.

Pour un déplacement donné, la variabilité du temps de parcours représente souvent une part non négligeable de ce temps. Si l'on prend l'exemple d'une série d'itinéraires dans le centre de Stockholm, l'écart type des temps de parcours représente en moyenne 25 % du temps de parcours moyen durant les pics de migrations alternantes, avec des valeurs allant jusqu'à 75 %, compte tenu de la variation systématique du temps de parcours durant le pic (Fosgerau et al., 2014). Si l'on tenait compte de la variabilité du temps de parcours, les coûts des différents itinéraires s'en trouveraient grandement modifiés, ce qui pèserait dans les choix des voyageurs et la sélection des projets.

L'analyse coût-avantages des projets de transport s'appuie sur l'évaluation des coûts généralisés des déplacements pour les voyageurs, avec et sans les projets envisagés. Ces coûts généralisés comprennent les coûts monétaires et les coûts relatifs au temps qui représente la valeur du temps passé sur les différentes parties des trajets. Toute fluctuation des coûts généralisés des déplacements entraîne une modification de la demande, elle-même associée à l'évolution du surplus du consommateur considéré dans l'analyse coût-avantages. Pour tenir compte de la variabilité du temps de parcours dans l'analyse coût-avantages des projets de transport, il nous faut donc intégrer le coût de cette variabilité dans les coûts généralisés des déplacements. Pour cela, trois choses sont nécessaires : définir une unité de mesure de la variabilité du temps de parcours ; établir des prévisions quantifiées de cette variabilité ; et déterminer le coût supporté par les voyageurs pour une unité de variabilité du temps de parcours.

Nous nous appuyons sur un modèle de trafic qui prévoit la demande de déplacement et calcule les distributions de temps de parcours, y compris les valeurs moyennes et la variabilité des temps de parcours. On utilise ensuite les résultats pour mener une analyse coût-avantages. Les valeurs de temps et de variabilité du temps de parcours sont appliquées aux quantités correspondantes dans le résultat du modèle de trafic pour calculer les changements dans le coût généralisé des déplacements. La variabilité du temps de parcours serait également prise en compte dans la description de la demande de déplacement du modèle de trafic et influencerait donc sur le comportement.

Ce chapitre présente et examine d'abord différentes définitions conceptuelles de la variabilité du temps de parcours, insistant sur les modèles qui trouvent leur fondement dans la théorie microéconomique. Ce fondement est un sérieux avantage. Il intègre les hypothèses de rationalité qui limitent le comportement impliqué par les modèles, ce qui permet de s'assurer que le comportement

suggéré par les modèles est plausible. L'information qui peut être déduite des données d'observation ne sera probablement jamais suffisante pour désigner le meilleur modèle. Les restrictions inhérentes à la théorie qui sont associées à l'éventail de modèles possibles sont donc utiles pour compléter les données empiriques que nous pouvons trouver.

Après avoir défini des modèles conceptuels de la variabilité du temps de parcours, nous examinerons des questions plus générales. La première est le fait que la variabilité du temps de parcours aura souvent un coût pour d'autres personnes que le voyageur, par exemple pour les autres participants à la réunion à laquelle il se rend. Or, les modèles classiquement utilisés pour attribuer un coût à la variabilité du temps de parcours se placent dans la perspective d'un agent unique et ne représentent aucune autre personne. La deuxième question est le rôle de l'information et des attentes. Ce qui constitue une variabilité aléatoire du temps de parcours dépend de l'information dont disposent les voyageurs et il est essentiel d'en tenir compte. On sait toutefois très peu de chose sur la façon dont les voyageurs anticipent leur temps de parcours. Troisième question, les modèles que nous utilisons reposent sur des hypothèses de rationalité néoclassiques, mais ces hypothèses peuvent être systématiquement démenties, en particulier dans les expériences sur les préférences déclarées. Ce chapitre examine comment aborder cette difficulté.

Il se poursuit avec l'étude de données d'observation, précisant les principaux défis à relever et faisant valoir qu'il faudrait envisager d'exploiter les données sur les préférences révélées pour inférer le coût de la variabilité du temps de parcours pour les voyageurs.

Ce chapitre n'est pas une étude bibliographique et ne dresse pas la liste exhaustive des travaux dignes d'intérêt. Li et al. (2010) ont étudié les aspects théoriques et empiriques de la valeur de la fiabilité. Carrion et Levinson (2012) fournissent un examen plus détaillé sur le plan historique et plus vaste que celui présenté ici. Small (2012) a passé en revue les travaux plus généraux consacrés à l'évaluation des temps de parcours. Quant au transport de marchandises, il a fait l'objet d'une étude récemment publiée par Feo-Valero et al. (2011). Le lecteur se reportera à ces documents pour un panorama plus complet des travaux publiés.

Modèles conceptuels

Le modèle de base

Nous étudions les modèles les plus simples possible satisfaisant aux normes de la microéconomie classique, sans nous interdire d'aborder le coût de la variabilité du temps de parcours de façon utile. Cette section dessine une structure générale de modélisation et présente quelques cas particuliers dans les sections qui suivent. Nous étudions les hypothèses concernées de façon suffisamment détaillée pour déterminer comment interpréter les chiffres qui en résultent. Certains détails techniques sont omis afin que l'exposé se concentre sur les aspects intuitifs ; ces détails peuvent être trouvés dans les documents d'origine cités plus haut. Pour rendre les choses plus concrètes, nous étudions le cas d'un déplacement pendulaire entre domicile et travail ; cela dit, les modèles sont applicables à tout type de trajet. De même, ils décrivent le transport de passagers, mais pourraient tout aussi bien être utilisés pour le transport de marchandises. De façon empirique, on sait qu'il est essentiel de tenir compte de la diversité des motifs de déplacement, car certains déplacements sont beaucoup plus sensibles aux retards que d'autres : c'est le cas, par exemple, lorsqu'il s'agit d'acheminer des marchandises périssables susceptibles de perdre toute valeur en cas d'allongement de la durée du voyage, ou des passagers qui doivent prendre un vol en correspondance ou se rendre de toute urgence à l'hôpital.

La première étape à suivre pour définir un modèle qui permette d'évaluer la variabilité du temps de parcours consiste à réfléchir aux résultats qui présentent un intérêt. Le minimum à prendre en compte est le temps de parcours lui-même ; nous allons examiner les modèles ci-dessous dans lesquels les résultats sont uniquement décrits en fonction du temps de parcours. Structurons un peu plus la question, et supposons que ce qui compte dans un déplacement, c'est *le moment* auquel il a lieu ; soit t_{dep} l'heure de

départ et t_{arr} l'heure d'arrivée. Cette notation nous permettra de distinguer des déplacements de même durée effectués à différents moments de la journée. Le temps de parcours T est la différence entre l'heure de départ et l'heure d'arrivée ; du point de vue du voyageur, le temps de parcours est aléatoire et nous supposons que le voyageur connaît la distribution des temps de parcours. Le voyageur choisit l'heure de départ ; l'heure d'arrivée est alors donnée par la formule $t_{arr} = t_{dep} + T$.

L'étape suivante consiste à réfléchir à une fonction d'utilité $U(t_{dep}, t_{arr})$, qui hiérarchise tous les résultats possibles. Nous parlerons d'utilité horaire puisqu'elle concerne les horaires du déplacement. Nous allons examiner ci-après plusieurs possibilités qui ont en commun le fait que l'utilité horaire s'exprime en termes monétaires, de sorte que la différence d'utilité entre deux résultats potentiels correspond à une valeur monétaire. À ce stade, nous pourrions aussi bien avoir exprimé l'utilité en fonction du temps de parcours et, soit de l'heure de départ, soit de l'heure d'arrivée, étant donné que ces trois éléments sont liés par une identité. Formuler l'utilité en fonction des heures de départ et d'arrivée souligne le fait que ce sont ces notions qui importent aux voyageurs, et non le temps de parcours proprement dit. Nous partons du principe que les voyageurs préfèrent toujours partir plus tard et arriver plus tôt, toutes choses égales par ailleurs.

Pour aboutir à des expressions maniables du coût de la variabilité du temps de parcours, nous allons poser l'hypothèse simplificatrice que l'utilité est séparable, entre une partie qui dépend uniquement de l'heure de départ et une seconde qui ne dépend que de l'heure d'arrivée, $U(t_{dep}, t_{arr}) = U_1(t_{dep}) + U_2(t_{arr})$. Une façon naturelle d'envisager la partie de l'utilité qui dépend de l'heure de départ consiste à dire que cette utilité est accumulée au domicile, à un taux qui peut varier en fonction du temps $h(t)$, jusqu'à l'heure du départ

$$U_1(t_{dep}) = \int^{t_{dep}} h(t) dt, \quad (1)$$

et que, de la même manière, l'utilité est accumulée sur le lieu de travail, à un autre taux variant en fonction du temps $w(t)$, après l'heure d'arrivée

$$U_2(t_{arr}) = \int_{t_{arr}} w(t) dt. \quad (2)$$

Les taux d'utilité doivent être compris comme des différences par rapport au taux d'utilité réalisé pendant le déplacement (Oort, 1969). Cette forme générique d'utilité horaire a été formulée pour la première fois par Vickrey (1973). Elle est illustrée par le Graphique 2..

La troisième étape consiste à dire que les voyageurs choisissent l'heure de départ avant de pouvoir observer le temps de parcours correspondant. Nous supposons que l'heure de départ est choisie de façon que l'utilité escomptée soit maximale :

$$E \left(U_1(t_{dep}) + U_2(t_{arr}) \right) \quad (3)$$

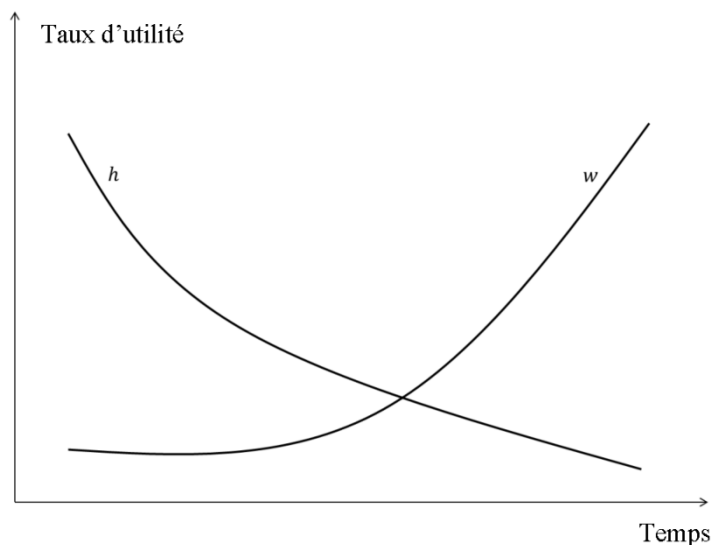
Le dernier élément de ce modèle de base est une hypothèse technique nécessaire pour garantir la maniabilité analytique. Nous partons du postulat que la distribution de la variable aléatoire « temps de parcours » T est indépendante de l'heure de départ. En toute rigueur, ce postulat est en grande partie inexact : durant le pic de trafic matinal, le temps de parcours sera en moyenne plus long au plus fort du pic qu'aux extrémités. Le modèle n'en demeure pas moins une approximation utile (Fosgerau et Karlstrom, 2010 ; Fosgerau et Fukuda, 2012).¹

On peut alors réécrire le temps de parcours ainsi : $T = \mu + \sigma X$, où μ est la valeur moyenne du temps de parcours, σ son écart type et X la distribution normalisée de ses valeurs, sachant qu'une moyenne égale à zéro et un écart type égal à 1 correspondent à une indépendance par rapport à l'heure de départ. Cette méthode est utile pour donner une certaine structure à la distribution des temps de parcours. Nous notons f la densité du temps de parcours normalisé et F la distribution cumulée des temps de parcours normalisés.

L'utilité escomptée est la suivante :

$$E\left(U(t_{dep}, t_{dep} + T)\right) = \int^{t_{dep}} h(t)dt + E\left[\int_{t_{dep} + \mu + \sigma X} w(t)dt\right]. \quad (4)$$

Graphique 2.1. Taux d'utilité



Le voyageur est supposé choisir l'heure de départ de façon à maximiser l'utilité escomptée. Nous ciblons des déplacements dont l'heure de départ peut être choisie librement, ce qui signifie que la dérivée de l'utilité escomptée par rapport à l'heure de départ doit être nulle à l'heure de départ optimale t_{dep}^* . On a donc :

$$h(t_{dep}^*) = Ew(t_{dep}^* + \mu + \sigma X). \quad (5)$$

Pour des valeurs de h et w données, la résolution de cette équation permettrait de trouver t_{dep}^* . En principe, l'heure de départ optimale t_{dep}^* est donc fonction de la valeur moyenne et de l'écart type des temps de parcours et de la distribution de ses valeurs normalisées, c'est-à-dire $t_{dep}^*(\mu, \sigma, f)$. Par cette fonction, le modèle horaire intègre explicitement le fait que les voyageurs programmeront leurs déplacements en tenant compte de la distribution des temps de parcours, et c'est ce qui fait que le modèle horaire diffère des modèles dans lesquels l'utilité dépend uniquement du temps de parcours, et non du moment choisi pour se déplacer. Intégrer l'heure de départ optimale dans la fonction d'utilité escomptée montre, en principe, comment l'utilité escomptée optimale dépend de la distribution des temps de parcours.

Nous pouvons définir la *valeur du temps de parcours* comme (moins) la dérivée de l'utilité escomptée optimale par rapport au temps de parcours moyen, et la *valeur de la variabilité du temps de parcours* comme (moins) la dérivée de l'utilité escomptée optimale par rapport à une mesure de dispersion. En économie des transports, on parle généralement de « valeur du temps » là où il serait plus précis de dire « désutilité marginale escomptée du temps de parcours ». De la même manière, l'expression « valeur de la fiabilité » désigne habituellement la valeur de la variabilité du temps de parcours, alors qu'il serait plus juste de parler de « désutilité marginale escomptée de la variabilité du temps de parcours ». Nous pourrions définir la valeur de la variabilité du temps de parcours par rapport à l'écart type des temps de parcours, auquel cas nous disposerions de la valeur de cet écart type. L'autre possibilité consiste à utiliser la variance du temps de parcours et à examiner la valeur de cette variance.

La mesure de dispersion la plus appropriée dépend du modèle, comme nous allons le voir ci-après. Pour comparer des études réalisées dans différents contextes, nous pourrions examiner le ratio de fiabilité, qui est le rapport entre la valeur de la variabilité du temps de parcours et la valeur du temps. Habituellement, la valeur de la variabilité du temps de parcours entrant dans le ratio de fiabilité est exprimée par la valeur de l'écart type des temps de parcours.

Nous parvenons ainsi à un modèle microéconomique générique qui comprend le nombre minimal d'éléments et d'hypothèses, mais tient compte également du moment auquel les déplacements sont effectués. Ce modèle générique nous permet d'avancer dans l'analyse du coût de la variabilité du temps de parcours, mais nous devons poser d'autres hypothèses pour le rendre opérationnel. Plusieurs possibilités séduisantes s'offrent à nous concernant ces hypothèses supplémentaires, qui produiront des différentes mesures applicables du coût de la variabilité du temps de parcours. Elles impliquent aussi des comportements différents, ce qui permet de les distinguer de façon empirique.

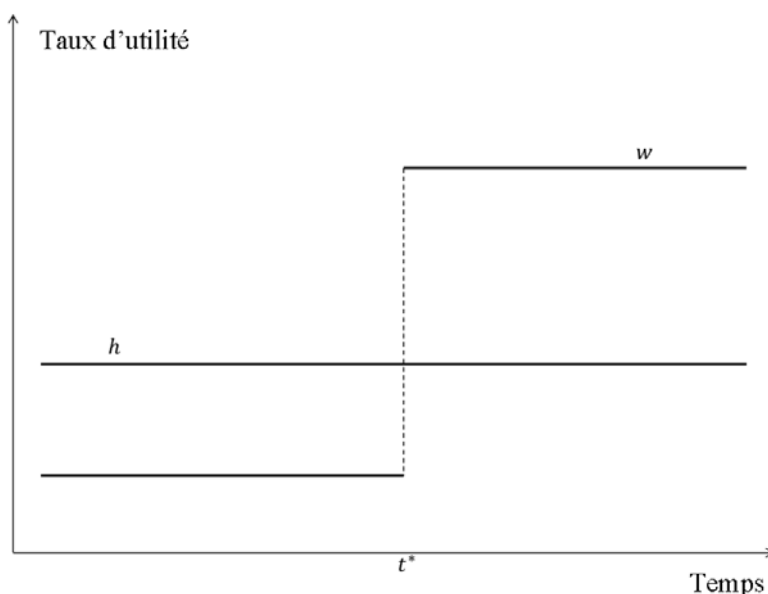
Modèle à étapes

La spécification la plus courante de l'utilité horaire a été établie par Vickrey (1969), qui a introduit les préférences horaires dans son célèbre modèle du goulet d'étranglement applicable aux déplacements pendulaires effectués lors d'un pic de demande provoquant une congestion. Plus tard, Small (1982), dans un exercice parallèle, a formulé la même utilité horaire dans son analyse de la localisation temporelle des déplacements domicile-travail. Au domicile, le taux d'utilité est spécifié comme étant constant $h(t) = \alpha$, tandis qu'au travail, il est donné par une fonction en escalier

$$w(t) = \begin{cases} \alpha - \beta, & t \leq t^* \\ \alpha + \gamma, & t > t^*, \end{cases} \quad (6)$$

où t^* est l'heure d'arrivée préférée et α, β, γ sont des constantes positives. Le modèle fondé sur cette spécification de l'utilité horaire est connu sous le nom de modèle à étapes. Les taux d'utilité sont présentés dans le Graphique 2.2.

Graphique 2.2. Taux d'utilité dans le modèle à étapes



L'heure de départ optimale peut être calculée ainsi :

$$t_{dep}^* = t^* - \mu - \sigma F^{-1}\left(\frac{\gamma}{\beta+\gamma}\right). \quad (7)$$

Intuitivement, l'interprétation est séduisante : le voyageur part avant l'heure d'arrivée préférée, tenant compte du temps de parcours moyen μ et d'un temps d'avance supplémentaire ou marge de sécurité $\sigma F^{-1}\left(\frac{\gamma}{\beta+\gamma}\right)$ proportionnel à l'écart type des temps de parcours. Le facteur de proportionnalité $F^{-1}\left(\frac{\gamma}{\beta+\gamma}\right)$ dépend de la forme de la distribution des temps de parcours et des paramètres de préférence β, γ qui expriment le coût d'une arrivée en avance ou en retard. Le voyageur arrivera plus tard que t^* avec une probabilité $\frac{\beta}{\beta+\gamma}$, laquelle dépend seulement des paramètres de préférence, et non de la distribution des temps de parcours.

Après avoir inséré et différencié l'heure de départ optimale dans la fonction d'utilité escomptée, on observe (après quelques opérations) que le coût du temps de parcours moyen μ est une constante α par unité de temps, tandis que le coût de la variabilité du temps de parcours est donné par $(\beta + \gamma) \int_{\frac{\gamma}{\beta+\gamma}}^1 F^{-1}(s) ds$ par unité d'écart type σ . Le ratio de fiabilité devient

$$\frac{\beta+\gamma}{\alpha} \int_{\frac{\gamma}{\beta+\gamma}}^1 F^{-1}(s) ds, \quad (8)$$

il dépend des paramètres de préférence et de la distribution normalisée des temps de parcours, mais pas de la valeur moyenne μ ni de l'écart type σ des temps de parcours.

Ces résultats commodes ont d'abord été établis pour des distributions particulières des temps de parcours (Noland et Small, 1995; Bates et al., 2001), puis ultérieurement pour une distribution générale (Fosgerau et Karlstrom, 2010).

Pour donner une valeur approximative au ratio de fiabilité, il est possible d'utiliser les valeurs simplifiées $\alpha = 2, \beta = 1, \gamma = 4$ d'après Small (1982) ainsi que la valeur 0.3 pour l'expression intégrale du ratio (Fosgerau et Karlstrom, 2010). Le ratio de fiabilité prend alors la valeur 0.75.

L'écart type comme mesure de la variabilité du temps de parcours peut être remplacé par toute autre valeur statistique qui lui est proportionnelle, à condition que la forme de la distribution des temps de parcours puisse être considérée comme constante. Pour voir cela, notons que, pour tout nombre positif ρ , nous pouvons réécrire le coût de la variabilité du temps de parcours sous la forme suivante, simplement en divisant et en multipliant par ρ :

$$\left(\frac{\beta+\gamma}{\rho}\right) \left(\rho \sigma \int_{\frac{\gamma}{\beta+\gamma}}^1 F^{-1}(s) ds\right). \quad (9)$$

Toute mesure de la variabilité du temps de parcours proportionnelle à l'écart type prend la forme indiquée ici dans la deuxième parenthèse. La première parenthèse correspond donc à la valeur unitaire de cette mesure de la variabilité du temps de parcours.

Étant donné une forme fixe de la distribution des temps de parcours, l'écart type est proportionnel à beaucoup d'autres mesures de la dispersion des temps de parcours qui ont été utilisées. Cela comprend :

- la différence entre deux quantiles spécifiques de la distribution des temps de parcours utilisée notamment par Small, Winston et Yan (2005) ;
- la différence entre un quantile et le temps de parcours moyen ;
- l'indice de marge (Texas Transportation Institute and Cambridge Systems, Inc., 2006) ;

- le retard moyen, $\sigma \int_{\frac{\gamma}{\beta+\gamma}}^1 F^{-1}(s) ds$.

Toutes ces mesures sont proportionnelles lorsque la forme de la distribution normalisée des temps de parcours est constante. Par conséquent, elles partagent toutes le fondement microéconomique du modèle à étapes présenté ci-dessus.

L'un des inconvénients de ce modèle est qu'il n'est pas possible d'additionner les écarts types des différentes parties d'un déplacement correspondant à des temps de parcours indépendants. Soit σ_1 l'écart type des temps de parcours de la première partie d'un trajet et σ_2 celui de la seconde partie, l'écart type des temps de parcours combinés correspondant à la totalité d'un trajet est égal à $\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$, ce qui est strictement inférieur à $\sigma_1 + \sigma_2$, la différence pouvant être importante. Si, par exemple, $\sigma_1 = \sigma_2$, alors $\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{2} \cdot \sigma_1$. Cela présente un inconvénient lorsqu'on utilise des modèles de trafic fondés sur un réseau, car le coût attendu d'un trajet ne peut plus être simplement calculé par addition des différents segments.

Le modèle à étapes peut être utilisé de diverses façons. Premièrement, il peut être utilisé comme un modèle structurel, dans lequel on combine les paramètres de préférence α, β, γ et t^* , et une distribution observée des temps de parcours pour calculer des mesures de coût. Cela peut se faire en particulier à l'aide de données sur les préférences déclarées quand l'heure d'arrivée préférée t^* peut être observée ou déduite. Le modèle peut aussi être utilisé sous une forme réduite, dans laquelle le coût anticipé d'un trajet est simplement décrit comme une fonction linéaire du temps de parcours moyen et de l'écart type (ou de toute autre mesure proportionnelle à l'écart type).

Modèle à pente

Nous allons maintenant élaborer une autre version du modèle général, mais, cette fois, en nous fondant sur des taux d'utilité qui varient en fonction du temps avec une pente constante (Fosgerau et Engelson, 2011). Dans le modèle à pente, les taux d'utilité sont spécifiés comme suit :

$$h(t) = \alpha - \beta \cdot (t - t^*) \quad (10)$$

$$w(t) = \alpha + \gamma \cdot (t - t^*), \quad (11)$$

où, là encore, α, β, γ sont des paramètres positifs, tandis que t^* joue le même rôle que l'heure d'arrivée préférée dans le modèle à étapes pour situer les préférences horaires dans le temps. Ces taux d'utilité sont présentés dans le Graphique 2.3.

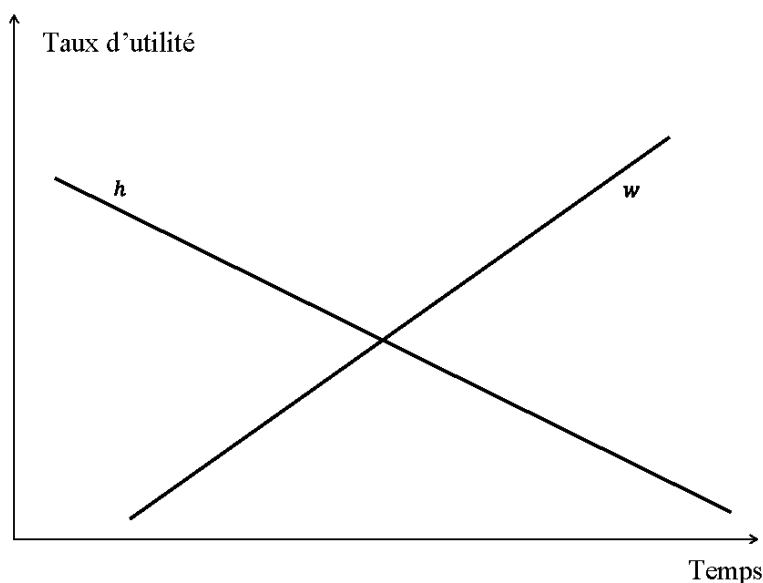
En procédant comme précédemment, on aboutit à l'heure de départ optimale

$$t_{dep}^* = t^* - \frac{\gamma}{\beta+\gamma} \mu. \quad (12)$$

Le voyageur partira $\frac{\gamma}{\beta+\gamma} \mu$ avant l'heure t^* . En moyenne, il arrivera $\frac{\beta}{\beta+\gamma} \mu$ après l'heure t^* . À l'évidence, le niveau de variabilité aléatoire du temps de parcours influe sur la distribution des heures d'arrivée, mais n'a aucun effet sur l'heure de départ ni sur l'heure d'arrivée moyenne. Dans le modèle à pente, le voyageur ne prend pas de marge de sécurité supplémentaire lorsqu'il est confronté à un temps de parcours aléatoire. C'est en cela que le modèle à pente se distingue du modèle à étapes.

Le temps de parcours moyen est égal à $\alpha + \frac{\beta\gamma}{\beta+\gamma} \mu$ par unité, qui dépend à son tour du temps de parcours moyen. La valeur du temps est donc plus élevée pour les longs trajets que pour les courts. Cela tient au fait que les longs trajets commencent à une heure où le taux d'utilité au domicile $h(t)$ est lui-même plus élevé. Lorsque $\beta = 0$, ce qui fait que le taux d'utilité au domicile est constant, la valeur du temps de parcours moyen est elle aussi constante et égale à α .

Graphique 2.3. Taux d'utilité dans le modèle à étapes



Source : Fosgerau et Engelson, 2011.

Le coût de la variabilité du temps de parcours peut s'exprimer comme le coût unitaire de la variance du temps de parcours ; c'est donc une constante $\gamma/2$. Il présente alors l'avantage, contrairement à ce que l'on observe dans le modèle à étapes, d'être additif si les temps de parcours aléatoires associés aux différents segments sont indépendants.

La valeur de l'écart type des temps de parcours n'est pas constante, mais elle est proportionnelle à l'écart type. Le ratio de fiabilité exprimé en fonction de l'écart type n'est pas constant non plus et n'est pas immédiatement comparable au ratio de fiabilité issu du modèle à étapes.

Engelson et Fosgerau (2011) ont étendu le modèle à pente au cas de figure dans lequel le taux d'utilité au travail est une fonction exponentielle, montrant ainsi les limites de ce type de modèle s'agissant du caractère additif des segments.

Modèles non horaires

Les modèles à étapes et à pente décrivent la localisation temporelle des déplacements individuels ainsi que les préférences en matière d'heure de départ et d'arrivée, tout en les combinant avec la maximisation de l'utilité escomptée. Cette structure présente des avantages ; en particulier, elle garantit le caractère plausible du comportement prédit. Les prévisions obtenues mettent en relation les heures de départ avec la distribution des temps de parcours, ce qui peut servir à évaluer les modèles en confrontant leurs résultats aux données d'observation. Cette même structure peut également être une contrainte dès lors que les modèles ne concordent pas avec le comportement réel. Une autre solution consiste donc à utiliser des modèles moins structurés.

Dans ce cas, on ne tiendrait pas compte du moment où le déplacement a lieu et la seule hypothèse retenue serait que les voyageurs privilégient les temps de parcours les plus courts. Le coût monétaire équivalent d'un déplacement serait alors exprimé par une fonction convexe du temps de parcours $C(T) = C(\mu + \sigma X)$, et les valeurs du temps de parcours et de la variabilité seraient dérivées de la

fonction de coût anticipé, le coût anticipé par unité de temps de parcours moyen devenant $EC'(T)$ et le coût anticipé par unité d'écart type devenant $E[C'(T)X]$.

Plusieurs formes appropriées peuvent être utilisées pour la fonction de coût. Par exemple, une fonction de coût quadratique $C(T) = bT + cT^2$ aboutit à (Polak, 1987) :

$$\frac{\partial EC(T)}{\partial \mu} = b + 2c\mu, \frac{\partial EC(T)}{\partial \sigma^2} = c, \quad (13)$$

ce qui diffère du modèle à pente linéaire présenté plus haut.

Nous ne saurions spécifier n'importe quelle fonction de coût imaginable car certaines pourraient s'avérer incompatibles avec les préférences horaires sous-jacentes. Nous aurions moins confiance dans ces modèles, dans la mesure où ils ne seraient pas systématiquement conformes avec un choix sous-jacent d'horaire qui serait rationnel.

Services réguliers

Les modèles horaires présentés plus haut supposent que les voyageurs sont en mesure de sélectionner leur heure de départ de façon optimale, comme c'est le cas pour les automobilistes. Or, les usagers de services réguliers de transport n'ont pas cette faculté, ce qui influe sur la valeur de fiabilité correspondante. Dans le cas des modèles à pente, on constate que la valeur de la variabilité du temps de parcours est la plupart du temps inchangée par rapport au cas des automobilistes (Fosgerau et Engelson, 2011; Engelson et Fosgerau, 2011).

Il n'en va pas de même avec les modèles à étapes si l'on considère le temps de parcours total (Fosgerau et Karlstrom, 2010). Ils présentent toutefois un certain intérêt dans le cas d'un service régulier à forte fréquence. En effet, lorsque les départs successifs sont suffisamment rapprochés, les voyageurs ne visent pas un horaire précis, mais arrivent à la gare pour le prochain départ, sans savoir précisément à quelle heure il est prévu. Le temps d'attente jusqu'au prochain départ est alors aléatoire du point de vue des voyageurs. Dans ce cas, le résultat général obtenu avec le modèle à étapes s'applique, l'heure d'arrivée à la gare ou à la station remplaçant l'heure de départ choisie par le voyageur (Benezech et Coulombel, 2013). La variabilité du temps de parcours peut alors être prise en compte, du fait de l'irrégularité aléatoire des départs ainsi que de la variabilité aléatoire des temps de parcours.

Quelques perspectives plus vastes

Les fondements théoriques qui précèdent ayant été posés, ce qui permet d'attribuer des valeurs à la variabilité du temps de parcours, nous allons maintenant les examiner dans une perspective plus large. Intéressons-nous d'abord au cadrage des modèles horaires sur le point de vue d'un individu pris isolément.

Coûts externes du retard

Les modèles que nous avons étudiés se placent du point de vue d'un individu isolé, qui effectue des déplacements domicile-travail ou, plus généralement, se rend d'un lieu d'activité à un autre. Ils évaluent le coût pour cette personne qui découle de l'heure de départ du lieu de la première activité et de l'heure d'arrivée sur le lieu de la seconde activité. Il n'est pas rare cependant que, sur le second lieu d'activité, quelqu'un subisse les conséquences d'un éventuel retard imprévu. Or, dans les modèles que nous avons

étudiés, les coûts correspondants ne sont pas pris en compte si le voyageur ne les a pas entièrement intégrés dans ses préférences horaires.

Nous pourrions considérer comme improductive la situation suivante : deux personnes sont confrontées à des temps de parcours aléatoires pour se rendre à la même réunion et l'une d'elles passe du temps à attendre l'autre. Si l'on utilisait les modèles horaires décrits plus haut, on considérerait chaque personne séparément et, partant, seul le coût de la variabilité du temps de parcours de chacune serait pris en compte, selon l'hypothèse que les préférences horaires individuelles sont constantes et exogènes. Fosgerau, Engelson et Franklin (2014), qui ont analysé une situation de ce type, ont abouti à la conclusion que ce n'est pas seulement la variabilité des temps de parcours qui importe, mais aussi leur corrélation : si les temps de parcours sont positivement corrélés, alors les retards aléatoires sont moins coûteux dans la mesure où les participants à la réunion seront sujets à des retards similaires et ne perdront donc pas tant de temps à s'attendre. Cette construction a également des conséquences sur la façon dont les heures de départ dépendent de la distribution des temps de parcours, puisque, désormais, la distribution des temps de parcours d'une seule personne, de même que l'heure de départ qu'elle choisit, influent sur les résultats observés pour l'autre personne. Ce raisonnement vaut pour les situations dans lesquelles plus de deux personnes se déplacent pour se rendre à une même réunion, mais pas pour le cas de figure où certains participants n'ont aucun trajet à effectuer pour se rendre à la réunion.

Il existe de nombreuses situations dans lesquelles l'arrivée tardive d'une personne génère des coûts pour d'autres. Une autre caractéristique essentielle qui semble courante est le fait que certaines personnes sont en mesure de s'adapter à la variabilité du temps de parcours d'autres personnes. Il semble que ces questions n'ont pas encore été étudiées ; il serait donc judicieux de mener des travaux de recherche pour en estimer les effets sur les coûts de la variabilité des temps de parcours seraient précieux. Un objectif réaliste pourrait être de se forger une opinion sur la question suivante : l'utilisation des modèles horaires applicables à un agent isolé, dont il a été précédemment question, nous conduit-elle à surestimer ou à sous-estimer les coûts « réels » de la variabilité des temps de parcours ?

Attentes et information

Les temps de parcours varient pour de multiples et diverses raisons. Les variations systématiques qui interviennent au cours de la semaine et de la journée découlent de variations tout aussi systématiques de la demande. À cela s'ajoute une variation de la demande plus ou moins prévisible en théorie, du fait des vacances scolaires, des manifestations spéciales, de la météo et des travaux de voirie. Viennent ensuite les incidents et les accidents, qui sont par nature hautement imprévisibles.

Pour quelqu'un qui ne dispose d'aucune information et qui observe simplement les temps de parcours, toute variation de ces durées paraît aléatoire. À l'inverse, aux yeux du voyageur qui dispose de tous les renseignements utiles pour prévoir avec exactitude la durée d'un déplacement, le temps de parcours n'est en rien aléatoire. Dans la réalité, le voyageur averti se trouve quelque part entre ces deux extrémités : il peut avoir une idée assez juste de la variation systématique liée au jour de la semaine et à l'heure de la journée ; il est au courant des manifestations spéciales et des travaux de voirie ; ou il est plus ou moins habile à prévoir les temps de parcours.

Avant de prévoir le coût de la variabilité du temps de parcours, il est nécessaire de se forger une opinion sur les informations utilisées par les voyageurs pour anticiper la durée de leur déplacement. Une solution simple, directe et pratique consiste à supposer que les voyageurs connaissent le modèle de trafic utilisé dans une application donnée ; ils sont aussi bien informés que le modèle. Cette solution a l'intérêt d'être simple, mais elle n'est pas totalement anodine. Supposons que les modèles de trafic prévoient des temps de parcours en fonction de l'heure du jour et du jour de la semaine. Dans ce cas, les voyageurs peuvent se trouver mieux informés que les modèles de trafic dès lors qu'ils disposent d'informations sur

des manifestations et des journées spéciales non utilisées dans les modèles. Dans ces conditions, le coût de la variabilité du temps de parcours peut être quelque peu surestimé.

Comportement non rationnel

Les modèles présentés précédemment reposent sur des hypothèses classiques de rationalité économique. Ces hypothèses sont utiles dans les modèles contraints pour obtenir des prévisions fondamentalement plausibles. En résumé, il s'agit des hypothèses suivantes : les voyageurs ont des préférences quant aux résultats, ce qui signifie qu'ils évaluent un déplacement potentiel exclusivement sous l'angle des caractéristiques de ce déplacement. Ces préférences sont telles qu'elles peuvent s'exprimer sous la forme d'une fonction d'utilité. Face à des choix dont l'issue est incertaine – ce qui est le cas de l'heure d'arrivée lorsque le temps de parcours est aléatoire –, les voyageurs optent pour la solution qui maximise l'utilité escomptée. Il est clair qu'il ne s'agit pas là d'une description exacte du comportement humain, et il est indiscutable que la maximisation de l'utilité n'a aucune contrepartie exacte dans le cerveau, mais ce n'est pas vraiment un problème : nous sommes satisfaits si la description est à peu près juste en moyenne.

Un faisceau d'éléments probants est en train de se constituer, montrant que le comportement humain, en particulier dans certaines configurations expérimentales, s'écarte systématiquement d'un comportement rationnel. Deux phénomènes particulièrement importants pour l'évaluation de la variabilité du temps de parcours sont décrits par la théorie des perspectives (Kahneman et Tversky, 1979). L'un est l'aversion aux pertes : les préférences dépendent de l'ampleur et de la direction du changement par rapport à un point de référence. Dans le cas des déplacements, le point de référence peut être un trajet récent ou juste un déplacement jugé « normal ». L'élément susceptible de servir de référence dépend beaucoup du contexte. Quoi qu'il en soit, la présence d'une aversion aux pertes contredit l'hypothèse selon laquelle les préférences ne dépendraient que des résultats. L'autre phénomène est la pondération des probabilités d'utilité, qui aboutit au fait que des événements faiblement probables ont une plus forte influence sur le comportement que celle qu'ils devraient avoir au regard de la simple espérance mathématique.

Les expériences sur les préférences déclarées qui sont souvent utilisées pour mesurer la valeur du temps de parcours ou celle de sa variabilité pourraient mettre en évidence un comportement non rationnel. De nombreux travaux confirment qu'il est possible de créer une aversion aux pertes dans des expériences destinées à valoriser les temps de parcours (De Borger et Fosgerau, 2008). Par ailleurs, de nombreuses données attestent d'une pondération des probabilités dans celles qui impliquent des « paris » (par exemple, Wu, 1996), et l'on peut supposer que cela vaudrait aussi pour les expériences sur les préférences déclarées impliquant une variabilité aléatoire du temps de parcours.²

Il est clair que la question des écarts systématiques du comportement rationnel doit être posée. Une thèse se fait jour selon laquelle le comportement réel pourrait être considéré comme correspondant au comportement rationnel. Cette approximation repose sur une démarche heuristique, qui fonctionne bien en moyenne, mais peut aboutir à de nets écarts par rapport à la rationalité dans certaines situations (Steiner et Stewart, 2015). La question essentielle pour ce chapitre est donc de savoir si l'existence d'une variabilité du temps de parcours provoque des écarts significatifs par rapport au comportement rationnel qui est observé dans les situations non expérimentales, c'est-à-dire dans le quotidien des voyageurs. Nous examinerons cette question plus avant après avoir présenté quelques constatations empiriques spécifiquement liées à la valeur de la variabilité du temps de parcours.

Estimation des paramètres

Carrion et Levinson (2012) ont analysé un très grand nombre d'études du coût de la variabilité des temps de parcours. Bien que les difficultés soulevées par l'exercice de comparaison les aient empêchés de formuler des conclusions définitives, les estimations qu'ils ont réunies n'en permettent pas moins d'établir qu'un ratio de fiabilité (par rapport à l'écart type du temps de parcours) voisin de 1 est plausible. Ces mêmes données rendent également plausible le chiffre approximatif de 0.75 mentionné plus haut. La plupart des éléments empiriques recueillis proviennent d'études de préférences déclarées. Les préférences révélées commencent elles aussi à faire l'objet d'études, qui reposent principalement sur des données issues des voies à péage aux États-Unis (Small et al., 2005).

Nous allons examiner en détail de récentes études consacrées aux préférences déclarées afin d'évaluer le bien-fondé d'un modèle horaire appliqué à ces données. Hjorth et al. (2015) ont comparé les modèles à étapes et à pente en se fondant sur des données de préférences déclarées collectées auprès de travailleurs pendulaires à Stockholm (Börjesson, 2008). Il apparaît que les travailleurs soumis à des horaires de travail fixes sont le mieux décrits par le modèle à étapes, ce qui est plausible puisque ce modèle intègre les préférences en matière d'heure d'arrivée. À l'inverse, les travailleurs aux horaires variables sont le mieux décrits par le modèle à pente. Dans le modèle à pente retenu, les taux d'utilité au domicile et au travail sont constants, ce qui implique que les valeurs du temps de parcours et de sa variance³ sont elles aussi constantes.

Un moyen d'évaluer la structure des modèles horaires à étapes et à pente consiste à estimer les paramètres de préférence horaire : à cette fin, on observe les choix opérés entre des déplacements différant par l'heure de départ, le temps de parcours ou la distribution des temps de parcours. La forme réduite de ces mêmes modèles peut également être évaluée à l'aide d'observations des choix opérés entre plusieurs déplacements présentant des distributions de temps de parcours différentes. Cela permet de tester les modèles horaires. Börjesson, Eliasson et Franklin (2012) ont réalisé un test de cette nature à l'aide de données sur les préférences déclarées en matière de déplacement par les transports publics.

Dans la configuration « structurelle » qu'ils ont retenue, les personnes interrogées choisissent parmi des déplacements dont l'heure de départ, le temps de parcours et le coût sont spécifiés. Les paramètres de préférence horaire sont estimés sur la base de ces données. Dans la configuration « réduite », la démarche est quelque peu différente : les personnes interrogées choisissent parmi des déplacements pour lesquels sont spécifiés : l'absence de retard, la probabilité d'un retard, la présence d'un retard et un coût. En l'occurrence, l'heure de départ n'est pas spécifiée. Börjesson et al. ont calculé la valeur moyenne et la variance du temps de parcours pour chaque déplacement puis ont utilisé ces données pour estimer les modèles « réduits ». Ils estiment les modèles à étapes et à pente à la fois sous leur forme structurelle et réduite. Il ressort de leurs estimations que les deux configurations, structurelle et réduite, aboutissent à peu de chose près à des temps de parcours identiques. La valeur de la variabilité du temps de parcours, en revanche, diffère considérablement : elle est cinq à dix fois plus élevée dans les modèles « réduits » que dans les modèles « structurels ».

L'un des points faibles de l'étude de Börjesson et al. est que les deux configurations qu'ils ont retenues pour l'étude des préférences déclarées sont quelque peu différentes. Les écarts observés entre les estimations selon qu'elles découlent de la configuration « structurelle » ou « réduite » tiennent probablement à des disparités d'ordre conceptuel. Abegaz, Hjorth et Rich (2015) y ont remédié en utilisant une configuration fondée sur deux expériences de choix très similaires. Dans les deux cas, il s'agit d'une alternative de déplacements, décrits par un coût et deux temps de parcours potentiels et leurs probabilités respectives. Par ailleurs, dans l'une des expériences, l'heure de départ de chaque déplacement est précisée. Les deux expériences sont donc aussi semblables qu'elles peuvent l'être ; la

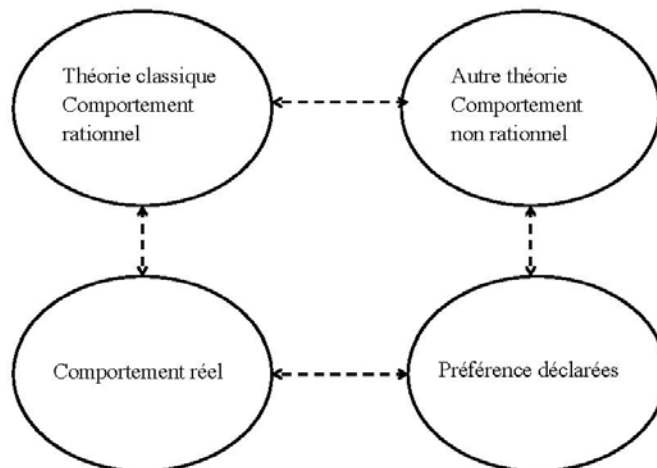
seule chose qui les distingue est que l'heure de départ est donnée aux personnes interrogées dans un cas et pas dans l'autre.

Pour estimer les modèles « structurels », Abegaz et al. se fondent sur les données fournies par l'expérience ayant l'heure de départ comme attribut, tandis que pour estimer les modèles « réduits », ils s'appuient sur les données de l'expérience qui ne comporte pas cet attribut.⁴ Ils reproduisent les constatations de Börjesson et al., à savoir que la valeur du temps de parcours est sensiblement la même dans les modèles « structurels » et « réduits », mais que la valeur de la variabilité du temps de parcours est beaucoup plus élevée dans les modèles « réduits » que dans les modèles « structurels ».

Une objection peut être formulée à l'égard de ces expériences : les modèles estimés reposent sur l'hypothèse que les préférences horaires à l'origine des préférences déclarées sont stables et ne changent pas durant l'expérience. Or il est tout à fait concevable que les personnes interrogées tiennent compte du fait qu'elles peuvent réorganiser leur activité à l'issue du déplacement. Lorsqu'on leur demande de choisir parmi différentes options associées à une heure de départ précise, elles peuvent donc être conscientes qu'il leur sera possible de modifier leur programme si elles sont contraintes de partir plus tard ou plus tôt que l'heure de départ préférée.

Dans tous les cas, les grands écarts constatés entre les deux types d'expériences posent un sérieux problème, qui doit être résolu d'une façon ou d'une autre. Le dilemme est le suivant : on se fie soit à la théorie, soit aux préférences déclarées. C'est l'un ou l'autre. Certes, c'est le comportement réel qui compte en définitive, mais la théorie n'en est pas moins indispensable pour élaborer des modèles et procéder à des analyses coût-avantages. L'analyse coût-avantages classique se fonde sur des hypothèses classiques de rationalité, comme nous l'avons vu plus haut. Pour que cette analyse soit utile, il faut que les hypothèses de rationalité donnent une approximation acceptable de la réalité (Graphique 2.).

Graphique 2.4. **Théorie et données**



Nous serons peut-être un jour contraints d'adopter une théorie qui intègre un comportement non rationnel et, par conséquent, de revoir radicalement notre mode de pensée et les méthodes d'analyse coût-avantages. La solution intermédiaire consiste à introduire une distinction entre les préférences classiques (hédoniques) et les préférences quant au choix (décisionnelles) (par exemple, Köszegi et Rabin, 2006; Steiner et Stewart, 2015). Les premières saisiraient les préférences rationnelles implicites et entreraient dans l'analyse coût-avantages. Les secondes décriraient le comportement réel et seraient explicitement liées aux préférences classiques par une certaine prise en compte des écarts systématiques par rapport à la rationalité. Le lien serait tel que les préférences classiques pourraient être obtenues de

manière indirecte à partir des préférences décisionnelles observées. Une théorie de cette nature est concevable, mais n'existe pas encore à l'égard de la variabilité du temps de parcours.

Finalement, nous disposons du comportement observé dans les expériences de choix déclarés. Dans ce contexte, nous savons que le comportement peut s'écarter de façon notable du comportement rationnel et il n'est aucunement établi que les expériences relatives au choix fournissent une information valide sur le comportement réel. Plusieurs conclusions sont possibles.

Tout d'abord, on peut conclure que le comportement observé dans les expériences sur les préférences déclarées n'est tout simplement pas valide comme indicateur supplétif du comportement réel. Il est aisé de défendre cette conclusion, en particulier en ce qui concerne la variabilité du temps de parcours. Les situations de choix sont hypothétiques et s'accompagnent inévitablement d'une grande quantité d'informations à assimiler et à traiter pour les personnes interrogées. Il n'y a guère de raison de penser que celles-ci sont effectivement en mesure de le faire. Dans ce cas, nous devrions tout simplement renoncer à utiliser les expériences sur les préférences déclarées pour évaluer la variabilité des temps de parcours et réfléchir au moyen d'exploiter les données relatives aux préférences révélées. Nous pourrions aussi considérer que tout un chacun est capable de mettre en œuvre des stratégies heuristiques pour opérer des choix raisonnables dans un contexte de situation réelle impliquant des résultats aléatoires, où l'on est appelé à être confronté de manière répétée à la même expérience et à disposer de beaucoup de temps pour apprendre et corriger ses décisions.⁵

La deuxième conclusion possible est qu'il faudrait trouver le moyen de faire apparaître une distinction entre les préférences classiques et les préférences décisionnelles qui régissent le comportement dans les expériences de préférences déclarées. Nous pourrions alors utiliser ces dernières pour mesurer les préférences décisionnelles, puis en déduire les préférences classiques afin d'obtenir des valeurs utilisables dans l'analyse coût-avantages. La validité des préférences déclarées pour décrire les préférences réelles continuerait toutefois de faire question.

La troisième conclusion possible est qu'il faut accepter le comportement observé dans les expériences de préférences déclarées. Si des preuves de comportement non rationnel apparaissent dans les données disponibles, nous devons en tenir compte ; nous ne pouvons pas simplement les mettre de côté, car nous aboutirions alors à des estimations incohérentes par rapport au contexte dans lequel nous comptons les utiliser, ce qui ne présente pas grand intérêt.

Conclusion

Il est manifeste que la variabilité du temps de parcours est quantitativement importante. Sa prise en compte dans l'analyse coût-avantages influera sur la hiérarchisation des projets et aura donc des conséquences réelles et non négligeables.

Les modèles horaires offrent une base théorique simple et stable qui permet d'intégrer la variabilité du temps de parcours dans les modèles de trafic et dans l'analyse coût-avantages. Les prévisions à confronter aux données d'observation diffèrent selon les modèles. Des travaux de recherche élargissent l'horizon et nous aident ainsi à nous forger une opinion quant à notre capacité à saisir l'intégralité des coûts de la variabilité du temps de parcours.

Notre capacité à chiffrer la valeur de la variabilité du temps de parcours peut assurément être améliorée. Les données montrent qu'à l'évidence, les expériences de préférences déclarées qui sont très souvent utilisées pour déterminer des valeurs posent de sérieux problèmes. Cela ne signifie pas pour autant que zéro soit la meilleure valeur estimée de la variabilité du temps de parcours : exclure ce paramètre de l'analyse n'est pas une option neutre, car cela favorise les projets qui n'améliorent pas la fiabilité.

Les expériences de préférences déclarées, du moins dans le contexte de la variabilité du temps de parcours, posent des problèmes fondamentaux qui pourraient bien être insurmontables. La raison pour laquelle elles sont encore très souvent utilisées pourrait être leur coût de collecte comparativement faible et la facilité avec laquelle elles s'analysent. Il semble clair que la pratique devrait évoluer vers l'utilisation de données de préférences révélées autant que faire se peut. Le coût supplémentaire d'acquisition des données et d'estimation des modèles doit être apprécié par rapport aux possibilités d'amélioration de la sélection des projets et des politiques de transport. Compte tenu des enjeux élevés, l'investissement dans les données et l'analyse devrait être aisément rentabilisé : après tout, les infrastructures coûtent beaucoup plus cher que la recherche et les données.

Nous entrons dans une ère de données massives. Désormais, la recherche peut de plus en plus s'appuyer sur de vastes ensembles de données décrivant les conditions de circulation et le comportement réel des usagers des transports. Nous disposons ainsi de mesures très fréquemment actualisées de la vitesse et de la densité en de nombreux points névralgiques des grands réseaux routiers ; d'ensembles de données qui permettent de localiser dans le temps et dans l'espace tous les trains d'un réseau ferroviaire national : ou encore de suivre la trace d'une multitude de véhicules, camions et autres dispositifs mobiles équipés de GPS sur les réseaux de transport. Nous disposons également des données fournies par les cartes de transport qui permettent de retracer les itinéraires empruntés par les usagers des transports publics. Lorsque la couverture de données est suffisante, nous pouvons en déduire des temps de parcours et des distributions de temps de parcours à travers de grands réseaux. Nous pouvons observer les points de départ et d'arrivée des déplacements ainsi que les itinéraires choisis.

Il est clair qu'il n'est pas aisé d'exploiter toutes ces données : cela demande une somme considérable d'opérations de traitement. Mais le gain est évident, car il s'agit de données réelles et non de choix hypothétiques. Les estimations de la variabilité des temps de parcours obtenues par Small, Winston et Yan (2005) à partir des préférences révélées reposaient sur des données relatives au choix effectué entre une route à péage et une route sans péage uniquement. Pour passer à d'autres pays et d'autres contextes, il faudra résoudre un certain nombre de problèmes. L'un d'eux, qui se posera probablement de façon récurrente, tient au fait qu'il est souhaitable de disposer de données sur la variation du prix pour pouvoir attribuer une valeur monétaire au temps de parcours et à sa variation. Force est sinon de déduire cette valeur monétaire de manière indirecte, par exemple en convertissant la distance en coût monétaire équivalent, ce qui introduit davantage d'incertitude. Un autre problème est que nous avons besoin d'estimer les modèles qui décrivent les choix d'itinéraire dans les grands réseaux. Or on assiste à l'apparition d'une nouvelle génération de modèles (Fosgerau et al., 2013), qui pourraient être utiles à cet égard. Ces nouveaux modèles résolvent le problème que pose la multitude des itinéraires possibles dans un vaste réseau. Les modèles de choix d'itinéraire couramment utilisés se servent de dispositifs spécifiques pour contourner la difficulté, mais au prix d'estimations systématiquement biaisées.

L'exploitation de ces nouveaux grands ensembles de données présente bien d'autres avantages. Ils peuvent être beaucoup plus complets que les enquêtes et permettre par conséquent de dépendre plus fidèlement que par le passé les conditions de circulation et la structure de la demande. La possibilité de les utiliser pour évaluer la variabilité des temps de parcours peut tout simplement être une conséquence parmi d'autres d'une amélioration des techniques de modélisation du trafic que ces données rendent possible.

Notes

- ¹ Il est possible de vérifier de manière empirique si la distribution normalisée des temps de parcours peut effectivement être considérée comme indépendante de l'heure de départ, et comment la moyenne et l'écart type évoluent durant des pics de congestion. Pour tout modèle donné, il est possible d'évaluer les conséquences numériques de l'hypothèse d'un temps de parcours indépendant de l'heure de départ lorsque cette relation n'est pas vérifiée.
- ² Hjorth et Ramjerdi (2011) estiment un modèle fondé sur la théorie cumulative des perspectives (Tversky et Kahneman, 1992) dans lequel des données relatives aux préférences déclarées sont utilisées et qui présente des temps de parcours aléatoires ; ils constatent que les résultats extrêmes sont surpondérés.
- ³ Une conclusion plus technique de ces travaux est que les modèles à erreur multiplicative sont meilleurs que les modèles classiques à erreur additive (Fosgerau et Bierlaire, 2009). Compte tenu des problèmes d'identification observés dans les modèles intégrant une fonction d'utilité exponentielle, il y a lieu d'élaborer les plans d'expérience de manière à améliorer l'identification dans le modèle à pente.
- ⁴ Ils utilisent un modèle multiplicatif (Fosgerau et Bierlaire, 2009) puisque c'est celui qui convient le mieux.
- ⁵ Les expériences de préférences déclarées sont habituellement utilisées pour mesurer la valeur du temps de parcours lorsque celui-ci n'est pas aléatoire (Small, 2012). Ces expériences relatives au choix n'impliquent aucun résultat aléatoire quant au temps de parcours et nécessitent donc beaucoup moins d'informations. En outre, les personnes interrogées n'ont pas à assimiler ou à calculer de probabilités. Elles devraient donc être bien plus à même de faire des choix dans ces expériences que dans celles qui font intervenir des temps de parcours aléatoires.

Références

- Abegaz, D., K. Hjorth et J. Rich (2015), « Testing the slope model of scheduling preferences on stated preference data », document de travail du 3^e Symposium de l'European Association for Research in Transportation, Leeds (Royaume-Uni).
- Bates, J., J. Polak, P. Jones et A. Cook (2001), « The valuation of reliability for personal travel », *Transportation Research Part E*, vol. 37, n° 2-3, pp. 191–229.
- Benezech, V. et N. Coulombel (2013), « The value of service reliability », *Transportation Research Part B*, vol. 58, pp. 1–15.
- Börjesson, M. (2008), « Joint RP–SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions », *Transportation Research Part E*, vol. 44, n° 6, pp. 1025–1038.
- Börjesson, M., J. Eliasson et J.P. Franklin (2012), « Valuations of travel time variability in scheduling versus mean–variance models », *Transportation Research Part B*, vol. 46, n° 7, pp. 855–873.
- Carrion, C. et D. Levinson (2012), « Value of travel time reliability: A review of current evidence », *Transportation Research Part A*, vol. 46, n° 4, pp. 720–741.
- De Borger, B. et M. Fosgerau (2008), « The trade-off between money and time: a test of the theory of reference-dependent preferences », *Journal of Urban Economics*, vol. 64, n° 1, pp. 101–115.
- Engelson, L. et M. Fosgerau (2011), « Additive measures of travel time variability », *Transportation Research Part B*, vol. 45, n° 10, pp. 1560–1571.
- Feo-Valero, M., L. Garcia-Menendez et R. Garrido-Hidalgo (2011), « Valuing freight transport time using transport demand modelling: a bibliographical review », *Transport Reviews*, vol. 201, pp. 1–27.
- Fosgerau, M. et A. Karlstrom (2010), « The value of reliability », *Transportation Research Part B*, vol. 44, n° 1, pp. 38–49.
- Fosgerau, M. et D. Fukuda (2012), « Valuing travel time variability: Characteristics of the travel time distribution on an urban road », *Transportation Research Part C*, vol. 24, pp. 83–101.
- Fosgerau, M. et L. Engelson (2011), « The value of travel time variance », *Transportation Research Part B*, vol. 45, n° 1, pp. 1–8.
- Fosgerau, M. et M. Bierlaire (2009), « Discrete choice models with multiplicative error terms », *Transportation Research Part B*, vol. 43, n° 5, pp. 494–505.
- Fosgerau, M., E. Frejinger et A. Karlstrom (2013), « A link based network route choice model with unrestricted choice set », *Transportation Research Part B*, vol. 56, pp. 70–80.
- Fosgerau, M., L. Engelson et J.P. Franklin (2014), « Commuting for meetings », *Journal of Urban Economics*, vol. 81(C), pp. 104–113.
- Hjorth, K. et F. Ramjerdi (2011), « A prospect theory approach to travel time variability », présenté à l'International Choice Modelling Conference.

- Hjorth, K., M. Börjesson, L. Engelson et M. Fosgerau (2015) « Estimating exponential scheduling preferences », *Transportation Research Part B*, vol. 81, pp. 230-251.
- Kahneman, D. et A. Tversky (1979), « Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk », *Econometrica*, vol. 47, n° 2, pp. 263–292.
- Köszegi, B. et M. Rabin (2006), « A model of reference-dependent preferences », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 121, n° 4, pp. 1133–1166.
- Li, Z., D.A. Hensher et J.M. Rose (2010), « Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport: A review and some new empirical evidence », *Transportation Research Part E*, vol. 46, n° 3, pp. 384–403.
- Noland, R.B. et K.A. Small (1995), « Travel-Time Uncertainty, Departure Time Choice, and the Cost of Morning Commutes », *Transportation Research Record*, n° 1493, pp. 150–158.
- Oort, O. (1969), « The evaluation of travelling time », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 3, n° 3, pp. 279–286.
- Polak, J. (1987), « A more general model of individual departure time choice », in *Proceedings of Seminar C*, présenté à la réunion annuelle (été) de PTRC.
- Schrank, D., B. Eisele et T. Lomax (2012), « TTI's 2012 Urban Mobility Report », Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station.
- Schrank, D., T. Lomax et B. Eisele (2011), « TTI's 2011 Urban Mobility Report », Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station.
- Small, K. (1982), « The scheduling of Consumer Activities: Work Trips », *American Economic Review*, vol. 72, n° 3, pp. 467–479.
- Small, K.A. (2012), « Valuation of travel time », *Economics of Transportation*, vol. 1, n° 1-2, pp. 2–14.
- Small, K.A., C. Winston et J. Yan (2005), « Uncovering the Distribution of Motorists' Preferences for Travel Time and Reliability », *Econometrica*, vol. 73, n° 4, pp. 1367–1382.
- Steiner, J. et C. Stewart (2015), « Perceiving Prospects Properly », Document de travail.
- Texas Transportation Institute, Cambridge Systems, Inc. (2006), « Travel time reliability: Making It There On Time, All The Time », (n° FHWA-HOP-06-070), Federal Highway Administration.
- Tversky, A. et D. Kahneman (1992), « Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty », *J Risk Uncertainty*, vol. 5, n° 4, pp. 297–323.
- Vickrey, W. (1973), « Pricing, metering, and efficiently using urban transportation facilities », *Highway Research Record*, n° 476, pp. 36–48.
- Vickrey, W.S. (1969), « Congestion theory and transport investment », *American Economic Review*, vol. 59, n° 2, pp. 251–260.
- Winston, C. (2013), « On the Performance of the U.S. Transportation System: Caution Ahead », *Journal of Economic Literature*, vol. 51, n° 3, pp. 773–824.
- Wu, G. (1996), « Curvature of the probability weighting function », *Management Science*, vol. 42, n° 12, pp. 1676–1690.

Chapitre 3

Prévision de la fiabilité des temps de parcours dans le transport routier : un nouveau modèle pour les Pays-Bas

Marco Kouwenhoven¹

Pim Warffemius²

Dans ce chapitre, nous décrivons comment nous avons intégré la variabilité du temps de parcours dans le modèle national néerlandais de prévision des transports et faisons le bilan des enseignements à tirer de ce nouvel outil de prévision sur le plan de l'action des pouvoirs publics. Jusqu'ici aux Pays-Bas, les améliorations de la fiabilité des temps de parcours des projets routiers sont pris en compte dans l'analyse coût-avantages moyennant l'application d'un coefficient majorateur de 1.25 aux gains de temps de parcours dus à une réduction de la congestion. Cette proportionnalité repose sur le lien entre réduction de la congestion et amélioration de la fiabilité. Mais ce traitement de la fiabilité n'est d'aucune utilité lorsqu'il s'agit d'évaluer les politiques visant plus particulièrement la variabilité du temps de parcours. Considérée comme provisoire dès le départ, cette méthode devait être remplacée par une autre, plus fine, susceptible de prendre cette variabilité en compte. Pour ce faire, nous avons déterminé une relation empirique entre l'écart type du temps de parcours, le retard moyen sur ce temps et la longueur du trajet. Cette technique a été intégrée dans le modèle national néerlandais sous la forme d'un module de post-traitement. Le nouveau modèle de prévision de la fiabilité des temps de parcours sera intégré dans les lignes directrices néerlandaises de l'analyse coût-avantages.

¹ Significance, La Haye, Pays-bas

² KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis, Ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement, Pays-Bas

Introduction

L'absence de fiabilité des temps de parcours est ce que les voyageurs remarquent : « cette caractéristique contrariante du système de transport qui conduit les automobilistes à prévoir une heure pour un trajet qui, normalement, prend 30 minutes, tant la durée effective du parcours est imprévisible » (TRB, 2000, p. 4-1). Le FIT (2010, p. 31) définit la fiabilité comme « la capacité du système de transport à fournir le niveau de qualité de service que les usagers attendent et sur lequel ils ont organisé leur activité ». Le point clé de cette définition est l'hypothèse selon laquelle les usagers d'un réseau attendent un niveau de service donné ; la fiabilité est alors une mesure du degré d'adéquation entre l'expérience du voyageur et son attente (Hellinga, 2011). En d'autres termes, la fiabilité est équivalente à la prédictibilité des temps de parcours et associée, du point de vue du voyageur, à la notion statistique de variabilité. Si l'on adopte le point de vue du gestionnaire d'un système ou d'un réseau d'infrastructure, alors les indicateurs de fiabilité ciblent le réseau et ses performances, c'est-à-dire la fraction de temps durant laquelle le niveau de fonctionnement du système est inférieur à une norme de qualité donnée. Dans ce chapitre, nous adoptons la perspective de l'utilisateur de la route (transport de passagers ou de marchandises), selon laquelle la fiabilité est axée sur les caractéristiques du déplacement.

Les voyageurs et les entreprises prennent parfois en compte la variabilité de leurs déplacements et de leurs transports de marchandises et prévoient des délais tampons pour se prémunir contre une arrivée tardive. Autant dire que les conséquences des arrivées tardives peuvent être coûteuses. La perte d'efficacité et la perte de productivité dues à ces délais tampons ne sont pas les seuls coûts que les voyageurs et les entreprises absorbent du fait du manque de fiabilité, il faut aussi parfois y ajouter ceux générés par le stress, les retards, les correspondances et rendez-vous manqués et les arrivées en avance. Des temps de parcours fiables sont précieux en soi et les usagers d'un réseau accordent une valeur importante à la fiabilité. Celle-ci peut donc s'exprimer en termes de coûts sociétaux, ce qui présente un avantage : permettre que les dépenses d'investissement d'un projet d'infrastructure destiné à améliorer la fiabilité soient acceptées en compensation des bienfaits de ce projet pour la société.

Aux Pays-Bas, les projets d'infrastructure de transport et les autres politiques de transport sont évalués *ex ante* au moyen d'une analyse coût-avantages (ACA). Pour intégrer les améliorations de la fiabilité dans l'évaluation des projets et des politiques, le ministère néerlandais de l'Infrastructure et de l'Environnement a pris en compte les avantages sociétaux de temps de parcours fiables et prédictibles dans l'ACA. Depuis 2004, dans leur pratique de l'ACA, les Pays-Bas majorent de 25 % les gains de temps de parcours découlant d'une congestion routière réduite, pour tenir compte des avantages dus à la fiabilité (Besseling et al., 2004). Cette approche n'est utilisée que pour les projets routiers et repose sur le lien entre réduction de la congestion et amélioration de la fiabilité. En revanche, elle n'évalue pas les conséquences des politiques qui agissent plus particulièrement sur la variabilité du temps de parcours.

Considérée comme provisoire dès le départ, cette méthode devait être remplacée par une autre, plus fine, susceptible de prendre cette variabilité en compte. Pour tenir compte de la fiabilité des temps de parcours dans l'ACA, trois types d'informations sont nécessaires, à savoir (de Jong et Bliemer, 2015) :

- des valeurs monétaires permettant de convertir les avantages de la fiabilité en unités monétaires ;

- un modèle visant à prédire dans quelle mesure un projet d'amélioration de l'infrastructure modifiera la variabilité du temps de parcours ;
- un modèle destiné à prédire si les usagers d'un réseau changeront d'itinéraire, de mode de transport ou d'heure de départ suite aux changements de la variabilité du temps de parcours.

La valeur monétaire des variations du temps de parcours moyen est comprise dans l'ACA depuis longtemps sous la forme d'une « valeur de la réduction du temps de parcours ». Cette dernière renvoie à la valeur monétaire que les voyageurs accordent à une réduction d'une heure de la durée moyenne de leur déplacement. En revanche, l'utilisation de la valeur des gains liés à la fiabilité des temps de parcours pour convertir les changements de la variabilité du temps de parcours en unités monétaires est relativement nouvelle. Une étude récente réalisée pour le ministère néerlandais de l'Infrastructure et de l'Environnement a actualisé ces deux valeurs – valeur de la réduction des temps de parcours et valeur des gains liés à la fiabilité des temps de parcours – à partir de données primaires (KiM, 2013 ; de Jong et al., 2014 ; Kouwenhoven et al., 2014). Sur la base de travaux antérieurs (Hamer et al., 2005 ; HEATCO, 2006), il a été décidé que la variabilité du temps de parcours devrait se mesurer en écart type de la distribution des temps de parcours. Ce choix était principalement motivé par le fait qu'on estimait que la prise en compte de la variabilité du temps de parcours dans les modèles de prévision des transports serait relativement difficile et que l'utilisation de l'écart type constituerait l'option la plus aisée. Toute formulation qui ne se limiterait pas à l'écart type ou à la variance du temps de parcours¹ excéderait les capacités des modèles nationaux et régionaux de transport (LMS et NRM) régulièrement utilisés dans l'ACA aux Pays-Bas. L'écart type est également utilisé comme indicateur de la fiabilité aux États-Unis, au Royaume-Uni et dans les pays scandinaves. Cette définition présente l'inconvénient de ne pas prendre en compte l'asymétrie de la distribution du temps de parcours. Il est notoire que les distributions de temps de parcours sont asymétriques et que leurs longues queues vers les valeurs extrêmes sont un aspect important de la fiabilité du temps de parcours (voir aussi Hellings, 2011). Les études sur la robustesse et la vulnérabilité des réseaux se concentrent sur ces durées extrêmes et sur leurs causes.

La prise en compte de la variabilité du temps de parcours dans les modèles de prévision est délicate car les modèles de planification des transports utilisés pour évaluer et hiérarchiser les politiques dans ce domaine ont été élaborés dans le but de saisir le temps de parcours moyen et non la variabilité du temps de parcours. Un projet a été démarré en 2013 pour adapter les modèles nationaux et régionaux néerlandais de sorte qu'ils prennent en compte la fiabilité mesurée en écart type. L'objectif était de trouver une (nouvelle) relation empirique entre l'écart type des temps de parcours en voiture et d'autres variables disponibles dans les modèles LMS et NRM. Ce chapitre rend compte des principaux résultats de cette étude. La modélisation améliorée permettant de prévoir la variabilité du temps de parcours sera mise en œuvre dans le processus néerlandais d'élaboration des politiques. L'intégration, dans l'analyse coût-avantages des infrastructures, des conséquences des politiques visant la variabilité du temps de parcours favorise un examen plus pertinent des options.

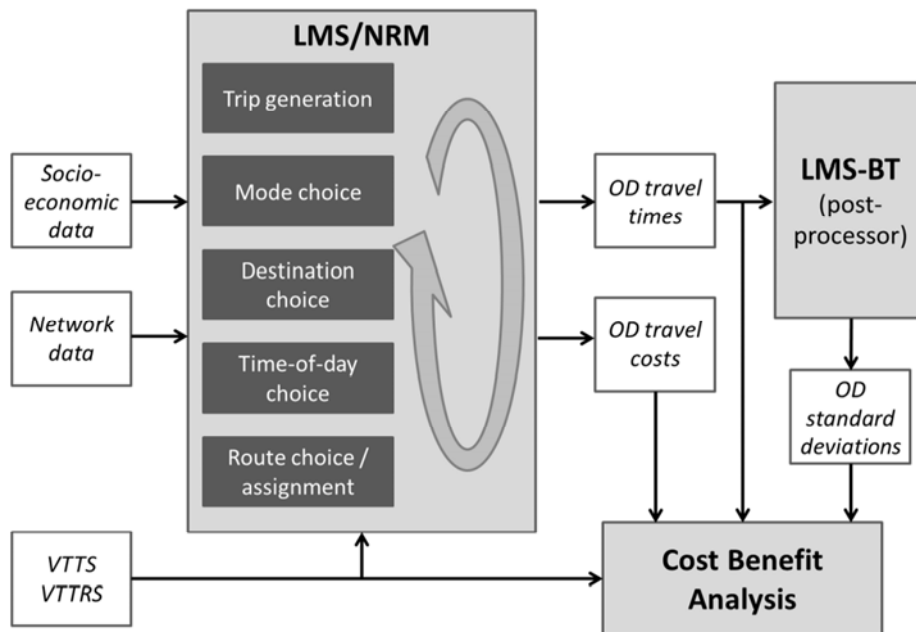
La prochaine section de ce chapitre s'intéresse aux aspects méthodologiques, puis la section suivante décrit la base de données qui a été utilisée pour déterminer la relation empirique. Les sections qui viennent ensuite montrent l'ajustement apporté à la relation empirique retenue. Les enseignements à tirer de ce nouvel outil de prévision de la fiabilité sur le plan de l'action des pouvoirs publics sont alors examinés, puis le chapitre se clôt sur l'exposé de nos conclusions et des étapes à venir.

Méthode

Aux Pays-Bas, les prévisions de circulation des ACA sont généralement effectuées à l'aide du LMS (le modèle national de transport) ou de l'un des NRM (les modèles régionaux de transport). Tous ces modèles sont similaires ; fondés sur une boucle de déplacement, ils comprennent les quatre étapes d'un modèle de transport classique (génération de la boucle, choix de la destination, choix du mode et choix de l'itinéraire), auxquelles s'ajoute un module de choix de l'heure de départ (Willigers et de Bok, 2009 ; Significance, 2011). Dans le LMS et les NRM, la génération de la boucle et le choix de la destination, du mode et de l'heure de départ reposent sur des modèles désagrégés, c'est-à-dire des modèles de choix estimés au niveau d'un voyageur individuel. Le choix de l'itinéraire (c'est-à-dire l'affectation) d'un transport routier est modélisé au niveau des flux origine-destination. Dans un processus itératif, les temps de parcours résultants sont réintroduits dans les modules précédents de façon à permettre aux voyageurs d'ajuster leurs choix en cas de possible congestion.

Le module d'affectation génère le temps de parcours moyen pour un jour ouvrable moyen et pour chaque paire origine-destination et chaque plage horaire. Dans ce processus, les flux sont affectés à des itinéraires du réseau et, pour chaque segment de l'itinéraire, un temps de parcours est calculé sur la base des courbes vitesse-débit et au moyen d'un modèle de file d'attente. Les courbes vitesse-débit sont déterminées à l'aide de données d'observation pour chaque type de route. Notons que le temps de parcours moyen calculé comprend les retards dus à la congestion.

Graphique 3.1. Rôle des modèles de transport LMS/NRM et du module de post-traitement LMS-BT dans l'ACA



À côté du temps de parcours et du coût, la fiabilité peut être un déterminant important du choix du mode, de l'itinéraire et de l'heure (de Jong et Bliemer, 2015). Idéalement, cette variable devrait être intégrée dans ces modules de choix comme une variable explicative, mais cela impliquerait une importante collecte de données, une modélisation et une adaptation des modèles actuels. Nous avons donc opté pour la solution constituant le deuxième meilleur choix, beaucoup plus rapide : un module de

post-traitement qui calcule la fiabilité des temps de parcours routier pour chaque paire origine-destination et chaque plage horaire. Cela nous permet de calculer des niveaux de fiabilité des temps de parcours pour tout scénario futur et d'intégrer dans l'ACA le coût ou les avantages de l'évolution possible de la fiabilité (Graphique 3.1). Chaque mesure d'action publique susceptible d'être simulée au moyen des modèles LMS/NRM (augmentation de la capacité routière, tarification routière, etc.) peut aussi être étudiée sous l'angle de ses effets sur la fiabilité des temps de parcours.

Ce module de post-traitement nécessite que l'on établisse une relation empirique entre la fiabilité du temps de parcours et l'une quelconque des variables de sortie possibles des modèles LMS et NRM, comme le temps de parcours, la congestion ou le débit, mais aussi les caractéristiques de la route qui sont disponibles dans le modèle (vitesse maximale autorisée, nombre de voies, etc.). Pour dériver une relation de ce type, il nous faut une base de données contenant les niveaux de fiabilité observés et toutes les autres variables. Cette base est décrite à la prochaine section.

Lors de la compilation de la base, un certain nombre de décisions doivent être prises, qui influent fortement sur les résultats. Pour éviter toute contradiction, il est essentiel de prendre ces décisions en cohérence avec les choix opérés dans les modèles LMS/NRM et la procédure d'ACA :

- Comme nous l'avons expliqué dans l'introduction, nous utilisons comme indicateur de fiabilité l'écart type de la distribution des temps de parcours. Il nous reste cependant à définir de *quelle* distribution de temps de parcours il s'agit. Il est courant d'établir une distribution de temps de parcours en mesurant, sur un certain nombre de jours d'une période donnée (un mois ou un an, par exemple), les temps de parcours moyens obtenus pour un départ dans une même plage horaire (entre 8 heures et 8 h 15, par exemple). De cette façon, la fiabilité est interprétée comme la variabilité du temps de parcours d'un jour à l'autre. C'est l'approche que nous suivons dans ce chapitre. Nous avons mesuré les temps de parcours moyens sur un an (2012) pour des véhicules partis dans la même plage horaire de 15 minutes. Cela signifie que pour chaque plage de 15 minutes, nous obtenons une distribution différente des temps de parcours, et donc une valeur différente de l'indicateur de fiabilité.
- Notons qu'en choisissant le temps de parcours moyen pour un départ à la même heure ou presque, nous excluons d'emblée la variation de l'indicateur de fiabilité d'un véhicule à l'autre. Dans une certaine mesure, ce choix se défend. Une partie de la variation entre véhicules découle des caractéristiques des conducteurs ; certains préfèrent rouler plus lentement que d'autres. Les temps de parcours moyens de ces conducteurs peuvent être différents de ceux d'autres conducteurs, mais la fiabilité de leurs temps de parcours est la même. Une autre partie de la variation entre véhicules, en revanche, est causée par l'infrastructure : en partant une fraction de seconde plus tard, un conducteur devra peut-être s'arrêter à un feu rouge et son temps de parcours s'en trouvera allongé d'une minute. Sur le principe, ce type de variation fait partie de ceux pris en compte dans l'indicateur de fiabilité. Dans notre projet, toutefois, il en est exclu du fait de la méthode adoptée pour mesurer la fiabilité.
- Les modèles LMS/NRM prévoient les temps de parcours moyens et les volumes de véhicules pour une heure moyenne durant la période d'affluence du matin (de 7 heures à 9 heures), durant celle du soir (de 16 heures à 18 heures) et pour une heure caractéristique du reste de la journée (définie comme une heure moyenne du milieu de journée, c'est-à-dire entre 9 heures et 16 heures). Pour obtenir l'indicateur moyen de fiabilité de chacune de ces trois périodes, nous faisons la moyenne des indicateurs de fiabilité de toutes les plages de 15 minutes qui les composent (huit plages horaires pour chacune des périodes de pointe et vingt-huit pour le

milieu de journée). L'indicateur de fiabilité de chaque plage de 15 minutes est pondéré par le volume moyen durant la plage considérée.

- Notons qu'il ne reviendrait pas au même de calculer d'abord le temps de parcours moyen sur la totalité de la période de pointe du matin (par exemple) pour chaque jour de l'année, puis de produire la distribution des temps de parcours et de déterminer l'écart type. Les temps de parcours ne sont pas constants sur une période de deux heures, et cette variabilité doit être prise en compte. Pour calculer la fiabilité *stricto sensu*, la mesure de la variabilité d'un jour à l'autre doit être prise à une petite échelle, sur des plages horaires réduites (15 minutes ou moins, selon la plage horaire sur laquelle le temps de parcours d'un jour donné peut être considéré comme plus ou moins constant), puis l'indicateur de fiabilité doit être calculé pour chacune de ces (petites) plages horaires. Ce n'est qu'au final que l'on calcule la moyenne de l'indicateur de fiabilité sur une plus longue période (sur toute la période de pointe, par exemple).
- Dans les politiques néerlandaises, la fiabilité et la prédictibilité sont examinées du point de vue du voyageur (Ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement, 2012). La fiabilité doit donc être définie en référence à l'écart entre les temps de parcours réel et prédit. En conséquence, nous ne devons pas considérer la simple variabilité du temps de parcours d'un jour à l'autre, mais tenir compte de la variation du temps de parcours *escompté*. Prenons un exemple : supposons que le temps de parcours sur un itinéraire donné soit toujours de 70 minutes le lundi et toujours de 65 minutes les autres jours. Les temps de parcours sont alors parfaitement prédictibles, et donc parfaitement fiables – si l'on admet que les voyageurs disposent de ces informations.
- Les temps de parcours extrêmement longs modifient considérablement l'écart type calculé. Les temps de parcours longs peuvent être causés par un dysfonctionnement des capteurs, mais peuvent aussi résulter d'événements réels, comme une interruption de la circulation suite à un accident grave ou à des conditions météorologiques extrêmes. Une question se pose alors : faut inclure ces valeurs dans la distribution de temps de parcours ? Pour y répondre, il est crucial de comprendre l'usage qui sera fait des résultats. Il est essentiel d'être cohérent avec la méthode retenue pour déterminer les temps de parcours moyens dans la modélisation de la demande : celle-ci tenait-elle compte des temps de parcours longs ? Il faut aussi être cohérent avec la méthode qui permet de calculer la valeur des gains liés à la fiabilité des temps de parcours.
- Dans le cas néerlandais, les courbes vitesse-débit qui servent de base aux calculs des temps de parcours dans le modèle national excluent les événements extrêmes. De surcroît, la valeur des gains liés à la fiabilité des temps de parcours a été déterminée à l'aide d'une expérience de préférences déclarées qui montrait une distribution des temps de parcours exempte d'événements extrêmes (Significance et al., 2007). Enfin, nous estimons que ces temps de parcours extrêmes relèvent de causes distinctes de la variation normale d'un jour à l'autre. Il est donc préférable, du point de vue de l'action publique, de les traiter séparément.² Aussi avons-nous exclu ces points de données de l'analyse dans ce projet. Dans les deux sections suivantes de ce chapitre, nous analysons l'incidence de ce choix sur les résultats.

Données

Nous avons constitué deux bases de données contenant des temps de parcours : une pour les trajets sur des routes principales et une seconde pour ceux effectués sur d'autres types de routes. Le modèle national néerlandais produisant des prévisions pour un jour ouvrable moyen, nous avons sélectionné les données correspondant aux 251 jours de 2012 qui répondaient à cette définition.

La plupart des routes principales néerlandaises sont équipées de capteurs à boucle qui mesurent la vitesse moyenne des véhicules et le volume moyen de circulation, à intervalles d'une minute. Des moyennes sur 15 minutes de ces variables ont été mises à disposition du projet. Nous avons défini 250 itinéraires sur le réseau routier principal du pays. Chaque itinéraire réaliste et logique commence à un point d'entrée sur une route principale – ou à proximité d'un point d'entrée – et se termine à la sortie d'une route principale, ce qui signifie que chaque itinéraire peut comprendre plusieurs segments. Les itinéraires parcourent le réseau de façon aussi complète que possible en évitant au maximum les chevauchements. Leurs caractéristiques sont présentées au Tableau 3.1.

Tableau 3.1. Caractéristiques des itinéraires sélectionnés

	Routes principales (250 itinéraires)		Autres routes (40 itinéraires)	
	Moyenne	Minimum - Maximum	Moyenne	Minimum - Maximum
Longueur (km)	41.5	1.9 – 224.8	5.3	1.7 – 13.8
Vitesse moyenne (km/h)	93.6	28.3 – 116.7	48.6	13.8 – 97.8
Vitesse maximale moyenne (km/h)	112.7	92.4 – 123.6	66.0	23.5 – 109.0
Nombre de segments	34.1	1 – 200	<i>s/o</i>	<i>s/o</i>

Les grandes routes urbaines et régionales sont équipées de caméras vidéo. Les heures de passage de chaque véhicule sont enregistrées à l'aide de techniques de reconnaissance automatique des plaques minéralogiques. En combinant les informations recueillies par différentes caméras, on peut obtenir les temps de parcours moyens pour une page de 15 minutes. Comme ce projet était principalement axé sur les trajets empruntant des routes principales, il ne comprend que 40 itinéraires effectués sur d'autres types de routes urbaines et régionales. L'ensemble de données complet a été constitué en quatre étapes, comme décrit ci-après.

Détermination des temps de parcours bruts

Les données de temps de parcours fournies par les caméras vidéo des routes autres que les routes principales correspondent déjà à l'itinéraire complet. En revanche, les capteurs des routes principales ne donnaient que des vitesses ponctuelles, aussi celles-ci ont-elles dû être converties en temps de parcours moyens entre deux boucles de détection.

La vitesse des véhicules au niveau de chaque capteur a été estimée en ajoutant les temps de parcours moyens ainsi calculés, ce qui a permis de déterminer le temps total de parcours de chaque itinéraire pour les départs compris dans chaque plage de 15 minutes. Nous avons tenu compte du fait qu'un véhicule effectuant un long trajet ne passe pas tous les capteurs dans la même plage de 15 minutes. La combinaison de données relatives à des jours consécutifs s'étant révélée complexe sur le plan technique, nous n'avons examiné que les 92 plages de 15 minutes entre 0 heure et 23 heures. Le volume moyen de circulation sur un itinéraire donné a été calculé en faisant la moyenne des volumes enregistrés au niveau des boucles de détection (pondérés par la distance entre les boucles).

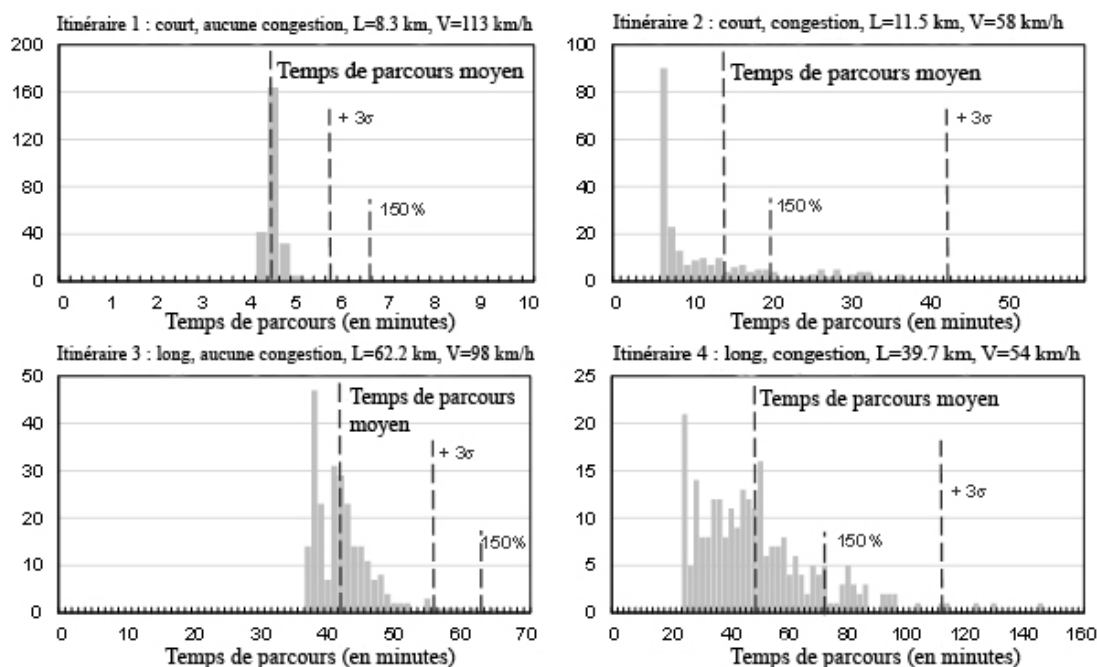
Sur ces bases, nous avons constitué une base de données des temps de parcours et volumes moyens pour 250 routes principales, pour chacun des 251 jours ouvrables et pour une heure de départ comprise dans l'une des 92 plages horaires de 15 minutes retenues. Ces données ont été complétées par les temps de parcours dans des conditions de circulation fluide et par les caractéristiques des itinéraires, telles que leur longueur et la capacité des voies (à savoir, pour chaque itinéraire, le volume maximal de circulation sur 251 jours ouvrables et 92 plages de 15 minutes).

Les retards enregistrés sur les temps de parcours seront corrélés entre segments adjacents, ce qui fait que l'écart type de la durée totale de parcours d'un itinéraire ne pourra pas être dérivé directement des écarts types des temps de parcours des segments. C'est pourquoi seul le temps de parcours total d'un itinéraire est stocké et l'écart type n'est calculé qu'à la dernière étape.

Exclusion des événements extrêmes

Comme nous l'avons expliqué à la section précédente, nous avons décidé d'exclure les événements extrêmes des distributions de temps de parcours, en partie en raison de leur forte incidence sur l'écart type, mais aussi pour des questions de cohérence d'application. Reste toutefois à résoudre le problème de la détermination du seuil à partir duquel les temps de parcours seront exclus.

Graphique 3.2. Distributions des temps de parcours de quatre itinéraires présentant des caractéristiques différentes



Pour choisir ce seuil, nous avons inspecté visuellement les distributions des temps de parcours bruts des 250 itinéraires empruntant des routes principales (voir le Graphique 3.2 qui en présente quatre exemples). Un seuil égal à trois fois l'écart type (brut) au-dessus du temps de parcours moyen donnait une bonne concordance avec une classification visuelle des valeurs aberrantes pour la plupart des itinéraires. Cependant, il s'est avéré nécessaire d'y ajouter un critère, en particulier pour les itinéraires présentant une faible congestion : le temps de parcours d'une valeur aberrante devait être au moins supérieur à 150 % du temps de parcours moyen. L'exclusion s'est donc faite sur la base suivante :

$$TT_{i,j,k} > \max(\overline{TT}_{j,k} + 3\sigma_{j,k}, 150\% \cdot \overline{TT}_{j,k}) \quad (1)$$

où $TT_{i,j,k}$ est le temps de parcours pour le jour i , l'itinéraire j et la plage d'heures de départ de

15 minutes k , $\overline{TT}_{j,k}$ est le temps de parcours moyen pour la plage de départ k et $\sigma_{j,k}$ est l'écart type de la distribution des temps de parcours pour la plage horaire k (avant exclusion des événements extrêmes). Pour chaque plage de 15 minutes, l'équation (1) entraîne l'exclusion en moyenne de 4 des 251 jours ouvrables, ce qui réduit de 29 % l'écart type moyen pour les 250 itinéraires. En d'autres termes, 1.6 % des jours contribue à presque un tiers de l'écart type.

Correction permettant de prendre en compte les variations du temps de parcours escompté

Comme nous l'avons expliqué dans la section méthodologique, nous souhaitons déterminer l'écart entre le temps de parcours réel et le temps de parcours auquel le voyageur s'attendait. Malheureusement, nous ne disposons d'aucune information sur ces attentes. Nous calculons donc, pour chaque jour, une valeur approchée du temps de parcours escompté en faisant la moyenne des temps de parcours observés pour le même jour de la semaine sur les quatre semaines qui précèdent et les quatre semaines qui suivent le jour considéré. Ainsi, notre approximation du temps de parcours escompté le mercredi 20 juin est la moyenne des temps de parcours des mercredis 23 et 30 mai, 6, 13 et 27 juin et 4, 11 et 18 juillet. Cette moyenne mobile rend compte des fluctuations du temps de parcours liées au jour de la semaine et à la saison, mais pas des variations occasionnelles. Aucun temps de parcours signalé comme constituant une valeur aberrante n'est pris en compte dans le calcul du temps de parcours escompté. Durant les périodes de vacances, pratiquement exemptes de congestion, on utilise le temps de parcours moyen des quatre jours précédant et des quatre jours suivant immédiatement le jour considéré.

Du fait de cette correction, l'écart type moyen pour les 250 itinéraires est encore réduit de 12 % (en plus des 29 % découlant de l'étape précédente).

Calcul de l'indicateur de fiabilité

Pour chaque itinéraire, chaque jour de l'année et chaque plage de 15 minutes, nous calculons l'écart entre le temps de parcours réel et le temps de parcours escompté. Ensuite, pour chaque itinéraire et chaque plage de 15 minutes, nous déterminons l'écart type des écarts ainsi obtenus pour tous les jours (excluant les événements extrêmes). Pour chaque période d'une journée (périodes de pointe du matin et du soir et milieu de journée), on calcule le temps de parcours moyen et l'écart type moyen en prenant la moyenne des plages de 15 minutes correspondantes, pondérées par leur débit moyen.

Test des relations empiriques possibles de la fiabilité des temps de parcours

Nos bases de données finales contiennent 750 observations de routes principales (250 itinéraires fois trois périodes quotidiennes) et 120 observations d'autres voies (40 itinéraires fois trois périodes quotidiennes). Chaque observation se compose d'un temps de parcours moyen (calculé sur tous les jours ouvrables de 2012), un écart type (de la distribution des écarts par rapport au temps de parcours escompté) et des autres caractéristiques de l'itinéraire (longueur, nombre de voies de la chaussée, etc.). Les itinéraires empruntant d'autres voies que les routes principales sont de nature très diverse (itinéraire

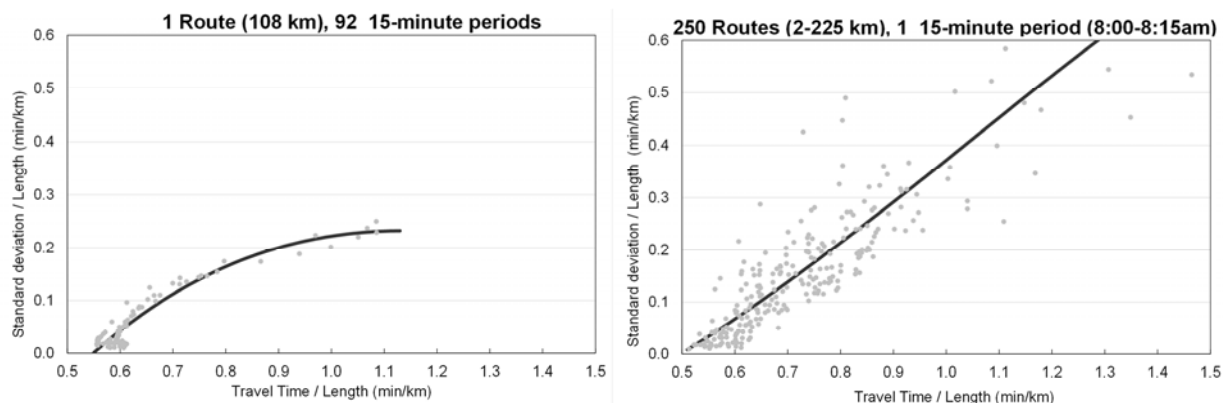
de rabattement vers les routes principales dans les zones urbaines ou itinéraires régionaux raccordant deux routes principales, etc.) et sont relativement courts (voir le Tableau 3.1). Le nombre limité d'observations ne permettait pas une modélisation très poussée. En revanche, la base de données des routes principales était étoffée, aussi avons-nous pu ajuster plusieurs formes fonctionnelles décrites dans les travaux publiés de façon à permettre une comparaison des résultats.

Cette analyse vise à trouver les meilleures formes fonctionnelles des relations empiriques de notre base de données des routes principales. Nous n'essayons pas de comparer les coefficients estimés avec d'autres études car ces valeurs sont fortement dépendantes du critère de valeur aberrante utilisé, de la façon dont la variation du temps de parcours escompté est prise en compte et de la période sur laquelle la moyenne des données est calculée (ces points sont également abordés à la section suivante). Les conclusions sur la meilleure forme fonctionnelle ne sont valides que pour notre ensemble de données. On peut tout à fait concevoir que d'autres formes fonctionnelles décrivent plus justement les ensembles de données d'autres pays.

De nombreux autres chercheurs ont utilisé des ensembles de données qui combinaient plusieurs itinéraires et une série de plages de 15 minutes. La variation de l'écart type selon les itinéraires et celle selon les plages de 15 minutes peuvent suivre des relations différentes, comme on peut le voir sur le Graphique 3.3. Aux fins de ce projet, seule nous intéresse la variation entre itinéraires durant les périodes de pointe du matin et du soir et en milieu de journée. Dans l'évaluation des résultats, nous nous concentrons sur la meilleure forme fonctionnelle pour la variation de l'écart type selon les itinéraires durant la période de pointe du matin. La meilleure fonction est celle qui décrit le mieux les données et qui ne présente aucune courbure qui ne soit pas étayée par les données (que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la série de données).

Dans cette analyse, nous avons testé les formes fonctionnelles suggérées dans de précédentes études qui couvraient un large éventail de formes fonctionnelles possibles utilisant différentes variables indépendantes (temps de parcours, temps de parcours par kilomètre, indice de congestion, retard moyen). Cependant, cette liste n'est pas exhaustive. Pour une présentation plus complète des formes fonctionnelles, voir de Jong et Bliemer (2015).

Graphique 3.3. Temps de parcours par kilomètre en fonction de l'écart type par kilomètre



Note : Valeurs pour un seul itinéraire (gauche) et pour 250 itinéraires durant la période de pointe du matin (droite). Les deux ensembles de données sont ajustés par des fonctions polynomiales cubiques (lignes sombres) qui sont nettement différentes.

Modèle linéaire (Pays-Bas – Hellinga)

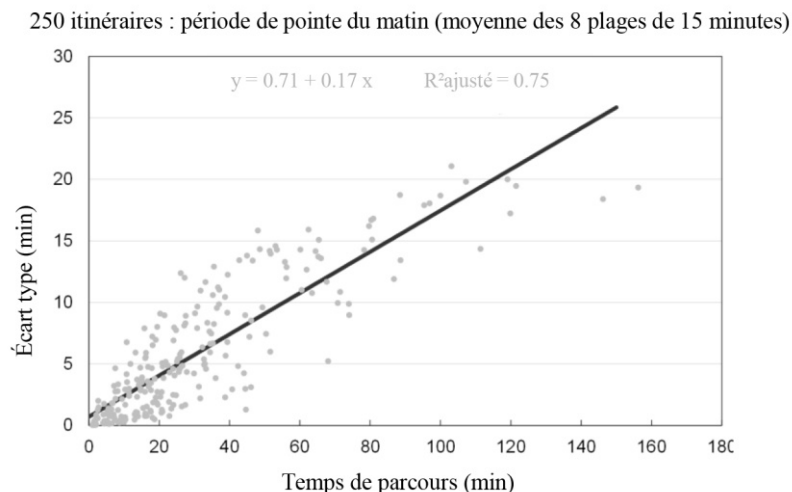
La première forme fonctionnelle étudiée est une relation linéaire simple entre l'écart type σ et le temps de parcours moyen TT :

$$\sigma = a[0] + a[1] \cdot TT \quad (2)$$

où $a[0]$ et $a[1]$ sont les coefficients à estimer. Cette forme fonctionnelle a été utilisée par Hellinga (2011) dans son étude de la variation du temps de parcours sur un itinéraire unique de 25 kilomètres environ empruntant la route principale A12 aux Pays-Bas. Les temps de parcours ont été déduits de la moyenne par plage de 15 minutes des données transmises par les boucles de détection. Chaque plage de 15 minutes fournit un point de donnée, ce qui fait que l'ensemble de données définitif en contient 92, les déplacements effectués après 23 heures ayant été exclus.

Hellinga a examiné uniquement la variation entre plages de 15 minutes et a conclu qu'une relation linéaire était suffisante. Si nous analysons cette même variation pour chacun de nos 250 itinéraires, nous constatons qu'une fonction linéaire suffit effectivement pour les trajets courts ; pour les itinéraires plus longs et encombrés, en revanche, on observe une pente décroissante (comme illustré par les données représentant un itinéraire unique, dans la partie gauche du Graphique 3.3). Si nous ajustons la relation linéaire (2) aux données réunies pour la période de pointe du matin sur les 250 itinéraires (Graphique 3.4), nous constatons que ces données peuvent être correctement décrites par cette relation, même s'il demeure une relative dispersion autour de celle-ci. Le R^2 ajusté est égal à 0.75.³

Graphique 3.4. Temps de parcours en fonction de l'écart type, ajusté au moyen d'une fonction linéaire



Modèle linéaire normalisé pour tenir compte de la distance (États-Unis – SHRP2)

Plusieurs chercheurs des États-Unis travaillant au deuxième *Strategic Highway Research Program* (SHRP2, voir Mahmassani et al., 2014) utilisent l'écart type des temps de parcours normalisés. Cette approche réseau présente l'avantage de pouvoir être appliquée même lorsque plusieurs itinéraires de différentes longueurs sont possibles entre A et B. Elle est particulièrement adaptée aux réseaux urbains denses. Les chercheurs du SHRP2 ont montré qu'il existait une relation quasi linéaire entre le temps de parcours par unité de longueur et l'écart type par unité de longueur

$$\frac{\sigma}{L} = a[0] + a[1] \cdot \frac{TT}{L} \quad (3)$$

où L est la longueur de l'itinéraire et $a[0]$ et $a[1]$ sont les coefficients à estimer.

Après conversion selon ce système de mesure, les observations de notre base de données s'ajustent très bien sur une fonction linéaire (Graphique 3.5, ligne sombre). Une part de variation demeure toutefois inexpliquée : le coefficient R^2 ajusté est égal à 0.78, ce qui est légèrement mieux que pour la relation linéaire présentée plus haut.

Modèle cubique normalisé pour tenir compte de la distance (Royaume-Uni – Mott MacDonald)

Au Royaume-Uni, des collaborateurs de Mott MacDonald ont estimé des relations pour la variabilité d'un jour à l'autre qu'ils décrivent comme « ce qui reste après avoir pris en compte toutes les variations prédictibles (effets de l'heure, du jour et de la saison) ainsi que la variabilité liée aux incidents » (Sirivadidurage et al., 2009). Ils ont utilisé des données provenant de capteurs à boucle inductive et de systèmes de reconnaissance et de rapprochement des plaques minéralogiques et de localisation par GPS, dont ils ont calculé la moyenne par plages de 15 minutes sur plusieurs itinéraires empruntant des routes principales. Les temps de parcours qui dépassaient la moyenne de plus de 2 écarts types ont été signalés comme associés à des incidents, et exclus. Pour tenir compte des variations prédictibles, ils ont affecté chaque jour de l'année à l'un des 21 types de jours, puis déterminé un temps de parcours moyen et un écart type pour chacun de ces types.

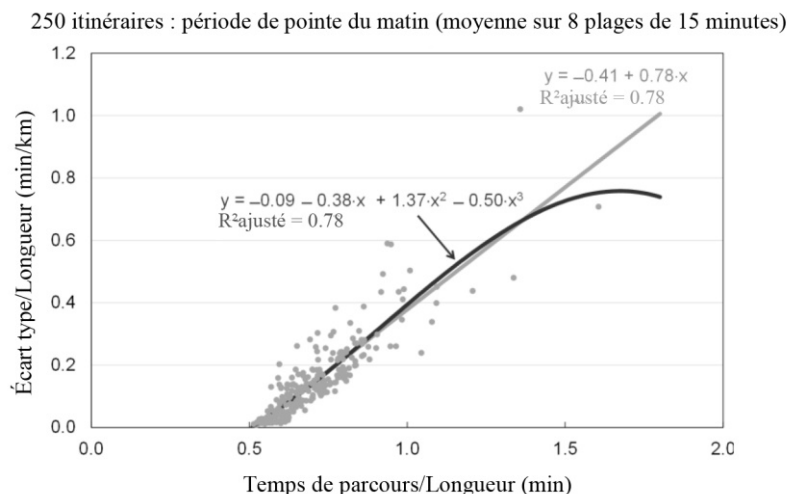
Ils présentent des graphiques montrant le temps de parcours moyen par kilomètre en fonction de l'écart type par kilomètre pour plusieurs types d'autoroutes. Dans le cas d'autoroutes dont les limitations de vitesse sont variables et dont la bande d'arrêt d'urgence peut être ouverte à la circulation de façon dynamique, les graphiques ont indiqué une relation qui croît lentement pour des taux de congestion faibles, s'élève rapidement pour des taux moyens et s'aplatit pour des taux élevés. Ils ont testé plusieurs formes fonctionnelles et ont obtenu les meilleurs résultats en décrivant l'écart type des temps de parcours par kilomètre sous la forme d'une fonction polynomiale cubique des temps de parcours moyen par kilomètre :

$$\frac{\sigma}{L} = a[0] + a[1] \cdot \frac{TT}{L} + a[2] \cdot \left(\frac{TT}{L}\right)^2 + a[3] \cdot \left(\frac{TT}{L}\right)^3 \quad (4)$$

Ils ont constaté que le *retard* moyen par kilomètre permettait un ajustement légèrement meilleur que le *temps de parcours* moyen par kilomètre, mais que le calcul des temps de parcours dans des conditions de circulation fluide présentait quelques difficultés.

L'ajustement de la fonction (4) aux données que nous avons recueillies pour la période de pointe du matin (Graphique 3.5, ligne gris foncé) s'aplatit au-dessus de 1.3 minutes/km environ, ce qui n'est pas vérifié par les données. Le coefficient R^2 ajusté est identique à celui de la fonction linéaire (3). Nous en concluons que, pour exprimer l'écart type par kilomètre en fonction du temps de parcours par kilomètre, une fonction linéaire est suffisante et que l'application d'une fonction polynomiale cubique n'améliore pas l'ajustement.

Graphique 3.5. Temps de parcours par kilomètre en fonction de l'écart type par kilomètre, ajusté au moyen d'une fonction linéaire et d'une fonction polynomiale cubique



Relation conforme à la loi de puissance entre le coefficient de variation et l'indice de congestion (Royaume-Uni – ARUP/WebTAG)

Arup et al. (2003) ont analysé la variabilité du temps de parcours sur des routes urbaines en estimant un modèle à partir des temps de parcours fournis par un petit nombre de véhicules flottants à Londres et Leeds pour une période d'un mois environ. Ils ont constaté que la probabilité d'une variabilité élevée croît à mesure que le débit se rapproche de la capacité. S'appuyant sur un certain nombre de considérations théoriques, ils ont estimé une relation conforme à la loi de puissance entre le coefficient de variation (CV, écart type sur temps de parcours moyen), l'indice de congestion (CI, temps de parcours moyen sur temps de parcours dans des conditions de circulation fluide) et la longueur de l'itinéraire (L) :

$$\frac{\sigma}{TT} = a[0] \cdot \left(\frac{TT}{TT_{ff}} \right)^{a[1]} \cdot L^{a[2]} \quad (5)$$

où TT_{ff} représente le temps de parcours dans des conditions de circulation fluide.

Un consortium dirigé par Hyder Consulting (Hyder Consulting et al., 2008a, 2008b ; Gilliam et al., 2008) a collecté de nouvelles données transmises par des véhicules équipés de GPS circulant sur 34 itinéraires (jusqu'à 12 km de long) dans les 10 zones urbaines les plus vastes d'Angleterre sur une période de trois ans. Ces données leur ont permis d'estimer la même fonction que Arup et al. et d'aboutir à des coefficients similaires. Aujourd'hui, cette forme fonctionnelle est celle recommandée dans les directives WebTAG du ministère des Transports du Royaume-Uni (2014).

Malheureusement, elle ne s'ajuste pas très bien à nos données (R^2 ajusté est égal à 0.57 seulement, ce qui est bien moins bon que pour les fonctions décrites précédemment), comme on peut le voir sur le graphique 3.6 (ligne gris clair). C'est probablement dû au fait que nos données concernent des routes principales alors que cette forme fonctionnelle a été dérivée pour des routes urbaines. On notera en particulier que nos données vont nettement dans le sens d'une forme fonctionnelle passant (presque) par le point (CI, CV) = (1,0), alors que ce n'est nullement le cas de celle considérée. Dans le cas de routes principales, on peut comprendre qu'en l'absence de congestion, la variabilité du temps de parcours observée est très faible, alors qu'elle se maintient à un niveau plus élevé sur des routes urbaines en raison des dispositifs de signalisation ou du passage de piétons.

Fonction exponentielle entre le coefficient de variation et l'indice de congestion (Suède – Eliasson)

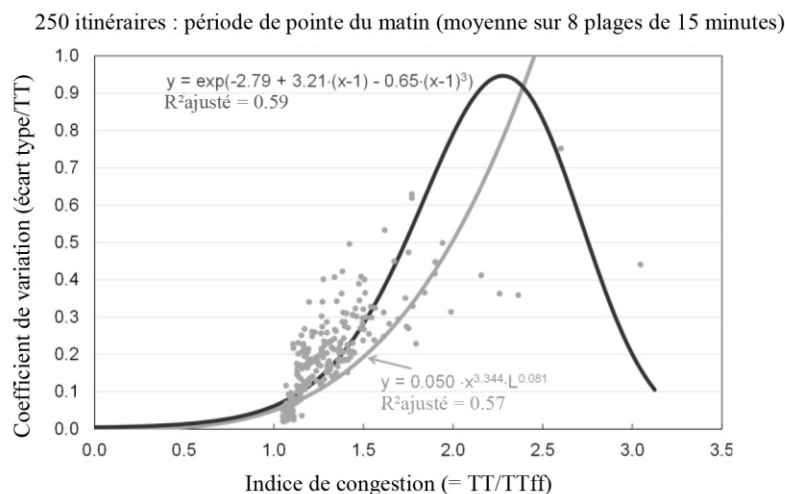
Eliasson (2006) a ajusté une fonction exponentielle sur le coefficient de variation calculé pour 20 routes et 96 plages de 15 minutes à Stockholm (Suède). Les données avaient été collectées par des systèmes de caméras automatiques photographiant les plaques minéralogiques. Les routes étaient décrites comme « urbaines », il ne s'agissait donc pas de routes principales ni de petites routes de desserte locale. Les longueurs d'itinéraire variaient entre 300 mètres et 5 kilomètres.

Alors qu'il inspectait la relation entre l'indice de congestion et le coefficient de variation pour toutes les plages de 15 minutes et pour chaque route, Eliasson a remarqué que le coefficient de variation demeurait à peu près constant pour de faibles niveaux de congestion et augmentait pour des niveaux légèrement supérieurs. Aux niveaux de congestion élevés, le coefficient de variation décroissait à nouveau. Il a donc utilisé un polynôme cubique (excluant le terme de second ordre) de l'indice de congestion moins 1 :

$$\frac{\sigma}{TT} = \exp\left(a[0] + a[1] \cdot \left(\frac{TT}{TT_{ff}} - 1\right) + a[2] \cdot \left(\frac{TT}{TT_{ff}} - 1\right)^3\right) \quad (6)$$

Là encore, nous avons essayé d'ajuster cette forme fonctionnelle à nos données, mais sans résultat satisfaisant (graphique 3.6, ligne gris foncé), même si le coefficient R^2 ajusté était légèrement meilleur qu'avec la fonction (5). Dans nos données, nous n'avons observé ni coefficient de variation à peu près constant aux niveaux de congestion faibles ni coefficient de variation décroissant aux niveaux de congestion élevés. Ce comportement différent est vraisemblablement dû au fait que notre base de données se compose d'itinéraires sur routes principales plus longs que les trajets courts sur routes urbaines qui ont servis de base à l'étude d'Eliasson. En outre, nous étudions la variation entre itinéraires, alors qu'Eliasson inclut également la variation entre plages de 15 minutes.

Graphique 3.6. **Indice de congestion en fonction du coefficient de variation, ajusté au moyen d'une loi de puissance et d'une fonction exponentielle**



Relation conforme à la loi de puissance entre l'écart type et le retard moyen (Allemagne – Geistefeldt et al.)

Récemment, le ministère fédéral allemand des Transports (BMVBI) a financé un projet de recherche sur la fiabilité des temps de parcours sur les routes principales du pays. Geistefeldt et al. (2014) ont proposé d'utiliser une loi de puissance entre l'écart type et le retard moyen (c'est-à-dire la différence entre le temps de parcours moyen et le temps de parcours dans des conditions de circulation fluide) :

$$\sigma = a[0] \cdot MD^{a[1]} \quad (7)$$

où MD représente le retard moyen. Ils ont estimé leurs coefficients sur des données obtenues à l'aide d'un modèle macroscopique de simulation de circulation.

Cette forme fonctionnelle semble décrire correctement nos données (Graphique 3.7, ligne gris clair). Notez que la dispersion des points de données représentés sur le Graphique 3.7 est faible comparée à celle que l'on obtient lorsqu'on rapporte l'écart type au temps de parcours (Graphique 3.4) ou le temps de parcours par kilomètre à l'écart type par kilomètre (Graphique 3.5). Le coefficient R² ajusté est égal à 0.82, soit le meilleur obtenu jusqu'ici. Il semble donc judicieux d'utiliser le retard moyen comme variable explicative.

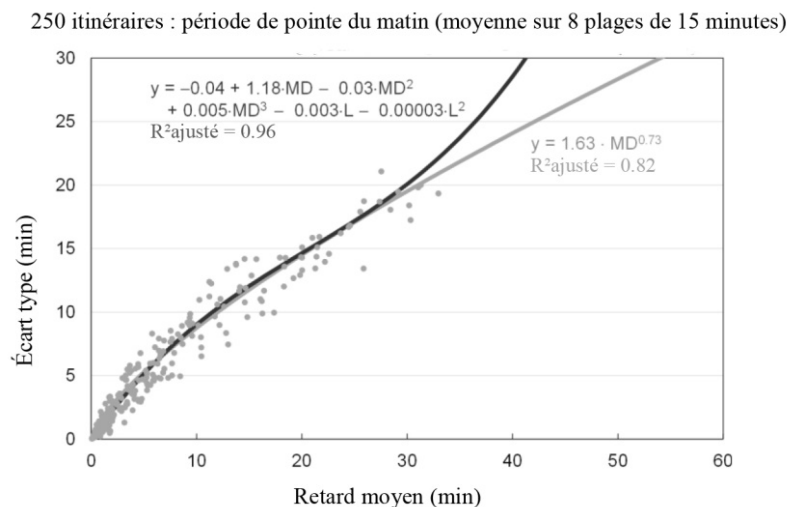
Fonction polynomiale du retard moyen et de la longueur (Pays-Bas – Peer et al.)

Peer et al. (2012) ont estimé une relation entre l'écart type et le retard moyen. Dans ses travaux de recherche du niveau du doctorat, elle a testé de multiples fonctions d'ajustement des données provenant de 145 itinéraires empruntant des routes principales et de 57 plages de 15 minutes. La fonction la mieux ajustée contenait (entre autres termes) une fonction polynomiale cubique du retard moyen et une fonction polynomiale quadratique de la longueur :

$$\sigma = a[0] + a[1] \cdot MD + a[2] \cdot MD^2 + a[3] \cdot MD^3 + a[4] \cdot L + a[5] \cdot L^2 + \text{other terms} \quad (8)$$

Cette fonction s'ajuste extrêmement bien à nos données (notez le coefficient R² ajusté égal à 0.96 dans le Graphique 3.7, ligne gris foncé). Cependant, la pente de la fonction ajustée pour la période de pointe du matin semble s'accroître au-dessus d'un retard moyen de 30 minutes environ, ce qui n'est pas vérifié par les données. Il se pourrait par conséquent que la fonction polynomiale cubique aboutisse à un comportement non voulu en dehors de la série sur laquelle elle a été ajustée.

Graphique 3.7. Temps de parcours en fonction de l'écart type, ajusté au moyen d'une loi de puissance et d'une fonction polynomiale cubique



Une nouvelle relation empirique pour les Pays-Bas

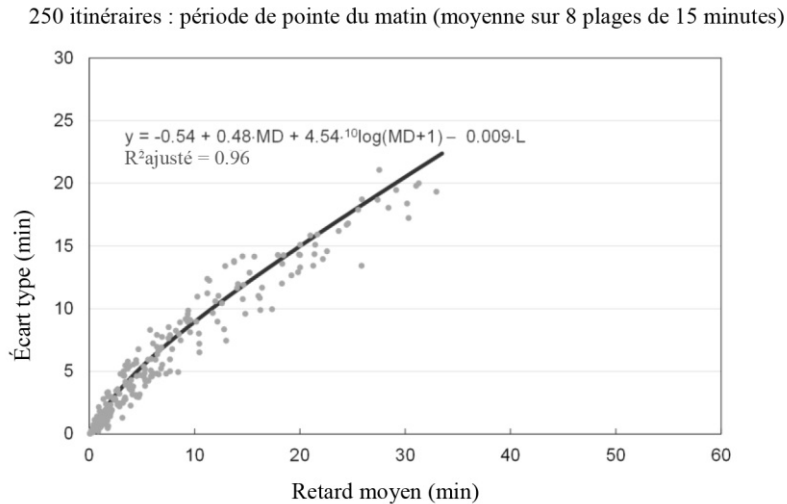
Meilleure forme fonctionnelle

Compte tenu du chapitre 4, nous concluons que c'est en mettant en relation l'écart type et le retard moyen que l'on obtient les meilleurs résultats. L'utilisation d'une fonction polynomiale cubique, en revanche, pourrait ne pas être optimale. Nous avons donc décidé de tester la combinaison d'une fonction linéaire et d'une fonction logarithmique du retard moyen, à laquelle nous avons ajouté un terme linéaire en L. Des termes d'ordre plus élevé et des termes proportionnels à d'autres paramètres, tels que la densité, le nombre de voies, les conditions météorologiques moyennes et la fréquence des incidents, ont été jugés non significatifs.

$$\sigma = a[0] + a[1] \cdot MD + a[2] \cdot \log(MD + 1) + a[3] \cdot L \quad (9)$$

Pour la période de pointe du matin, on obtient un bon ajustement aux données (Graphique 3.8), sans qu'apparaisse un comportement non voulu en dehors de la série utilisée pour tester cet ajustement. Cette fonction est sélectionnée pour être notre relation définitive de prévision de l'écart type à partir des éléments fournis par le modèle de circulation.

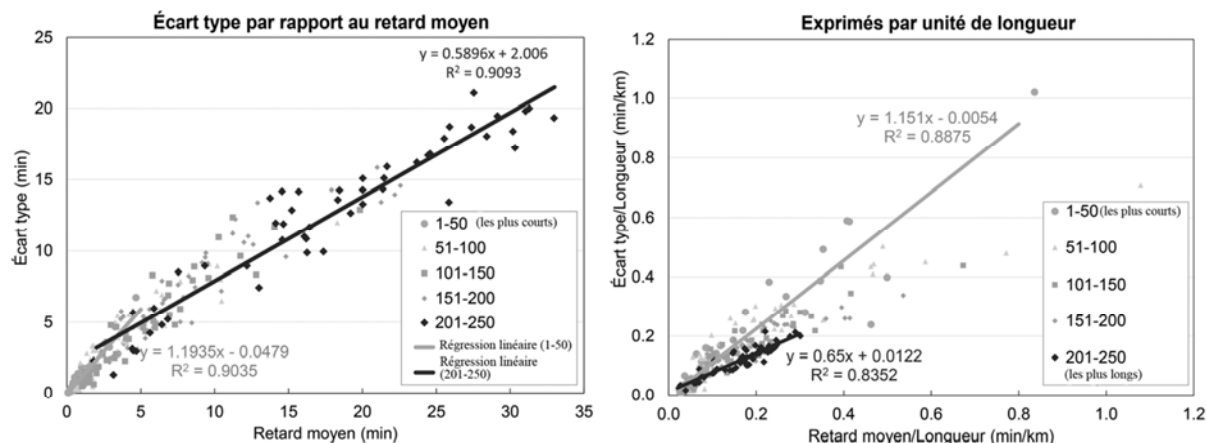
Graphique 3.8. **Retard moyen en fonction de l'écart type, ajusté au moyen de la combinaison d'une fonction linéaire et d'une fonction logarithmique**



Dépendance par rapport à la longueur de l'itinéraire

Lorsque nous examinons le résultat de l'estimation de notre fonction définitive, nous notons que le coefficient estimé de la longueur est très petit (seulement 0.009, comme on peut le voir sur le Graphique 3.8). On pourrait en déduire que la longueur n'est pas importante. Pourtant, ce paramètre est également lié au retard moyen : plus l'itinéraire est long, plus la probabilité d'une congestion croît. Cette relation apparaît clairement lorsque nous divisons tous les points de données par leur longueur. Dans la partie gauche du Graphique 3.9, les 50 itinéraires les plus courts sont représentés par des ronds gris clair et les itinéraires les plus longs par des losanges gris foncé. Nous voyons que tous les ronds gris clair sont sur la gauche du diagramme, tandis que les losanges gris foncé sont sur la droite. Nous avons effectué une régression linéaire par rapport aux itinéraires les plus longs et les plus courts. Nous voyons que la pente diminue avec la longueur, elle aussi. Cette propriété apparaît aussi très clairement lorsque nous traçons l'écart type par kilomètre en fonction du retard moyen par kilomètre (partie droite du Graphique 3.9) : la pente de leur relation linéaire est corrélée à la longueur. Ce phénomène se comprend intuitivement : quand, sur un long trajet effectué un jour donné, la congestion est pire qu'en temps normal, il peut se faire que la circulation soit plus fluide en fin de parcours, ce qui permet de compenser (quelque peu) le retard pris dans les premiers kilomètres. Cela réduit la variation du temps de parcours d'un jour sur l'autre.

Graphique 3.9. Relations entre variabilité et retard pour 250 itinéraires en période de pointe du matin



Note : Retard moyen en fonction de l'écart type (à gauche) et retard moyen par unité de longueur en fonction de l'écart type par unité de longueur (à droite). Les points gris clair représentent les 50 itinéraires les plus courts (moins de 12.6 km) et la droite gris clair, la droite de régression linéaire correspondante. De la même manière, les losanges gris foncé représentent les 50 itinéraires les plus longs (plus de 63 km) et la droite gris foncé, la droite de régression linéaire correspondante.

Différences entre les périodes d'une même journée

Nous avons utilisé la même forme fonctionnelle pour analyser les données relatives à la période de pointe du soir (16 heures – 18 heures) et les données de la mi-journée (10 heures – 15 heures) ; les estimations des coefficients sont présentées dans le Tableau 3.2. Bien que les coefficients obtenus pour les trois périodes soient nettement différents (sur la base d'un test F), la forme fonctionnelle s'ajuste bien à chaque ensemble de données.

Pour la période de la mi-journée, nous n'avons pas trouvé les coefficients $a[2]$ - et $a[3]$ - qui étaient significativement différents de zéro. Nous avons donc testé l'ajustement en donnant une valeur nulle à ces coefficients, transformant de fait l'équation (9) en une équation linéaire, ce qui se comprend puisque le retard moyen maximal pour la période de la mi-journée est de 10 minutes seulement. Même durant la période de pointe du matin, les observations du Graphique 3.10 inférieures à un retard moyen de 10 minutes sont presque alignées sur une droite. Notons que nous avons gardé le coefficient $a[0]$ constant bien qu'il ne soit pas significativement différent de zéro, car nous ne voulions pas forcer la fonction à passer par le point $(MD, \sigma) = (0, 0)$.

Tableau 3.2. Coefficients correspondant au meilleur ajustement pour la relation empirique entre l'écart type et le retard moyen (équation 9) pour les itinéraires empruntant des routes principales

	Période de pointe du matin		Période de la mi-journée		Période de pointe du soir		Unité
	Coefficient	(t-ratio)	Coefficient	(t-ratio)	Coefficient	(t-ratio)	
a[0]	-0.540	± 0.186 (-2.9)	-0.066	± 0.051 (-1.3)	-0.901	± 0.172 (-5.3)	min
a[1]	0.476	± 0.026 (18.2)	1.034	± 0.019 (53.1)	0.268	± 0.017 (16.1)	
a[2]	4.538	± 0.415 (10.9)	-		5.555	± 0.351 (15.8)	min
a[3]	-0.009	± 0.003 (-2.7)	-		0.011	± 0.003 (4.0)	min/km
R ² aj.	0.956		0.919		0.960		

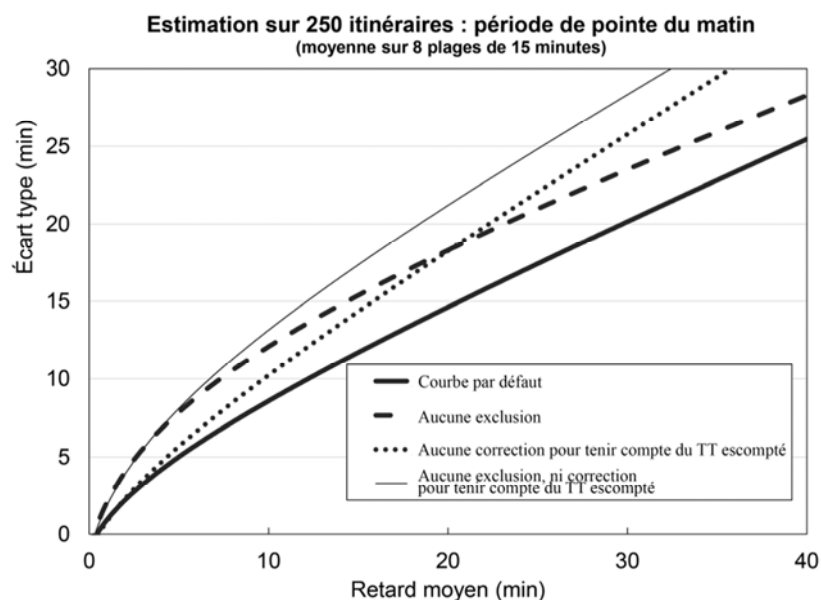
Note : Pour la période de la mi-journée, nous n'avons trouvé aucune valeur significative pour les coefficients a[2] et a[3].

Incidence de l'exclusion des valeurs aberrantes

Nous avons indiqué plus haut que l'exclusion des valeurs aberrantes entraînait une diminution de l'écart type moyen de 29 %. Or, cette exclusion influe également sur le retard moyen. Il est donc théoriquement possible que les données avant et après exclusion soit sur la même ligne et que l'exclusion entraîne seulement un déplacement le long de cette ligne. Pour tester cette hypothèse, nous avons ajusté une fonction sur l'ensemble de données complet (sans exclusion), mais en tenant compte du temps de parcours escompté, comme il a été vu. Le meilleur ajustement qui en résulte est la courbe en tiret dans le Graphique 3.10, qui court trois minutes environ au-dessus de la courbe (continue) par défaut. Nous en déduisons que les valeurs aberrantes influent davantage sur l'écart type que sur le retard moyen, et que leur exclusion a une forte incidence sur les coefficients de la relation.

Incidence de la prise en compte du temps de parcours escompté

Graphique 3.10. Résultat des ajustements du retard moyen en fonction de l'écart type pour plusieurs choix d'analyse de données



La correction visant à tenir compte du temps de parcours escompté (voir la troisième étape de la section sur les données) influe sur l'écart type, mais pas sur le retard moyen. Nous estimons donc que, sans cette correction, la relation empirique entre le retard moyen et l'écart type se déplacerait vers le haut. C'est effectivement ce que l'on peut voir sur le Graphique 3.10. Si l'on ne tient pas compte du temps de parcours escompté (trait en pointillé), la courbe se place 30 % environ au-dessus de la courbe par défaut.

Nous en concluons que le critère de valeur aberrante et la correction visant à tenir compte du temps de parcours escompté ont tous deux une incidence manifeste sur les coefficients (bien que notre meilleure forme fonctionnelle continue de décrire correctement les données). Dans ces conditions, les comparaisons des valeurs des coefficients entre études ne sont pas très utiles, à moins que les études en question n'utilisent exactement le même critère de valeur aberrante et la même correction visant à tenir compte du temps de parcours escompté.

Résultats obtenus pour les autres routes

Nous avons également ajusté cette même forme fonctionnelle aux 40 itinéraires de notre base de données qui empruntent des routes autres que les routes principales. Comme ces itinéraires sont courts comparés à ceux qui empruntent les routes principales (voir le Tableau 3.1), nous obtenons des retards moyens et des écarts types relativement faibles également. En conséquence, seul le terme linéaire de l'équation (9) s'est avéré significatif. Le Graphique 3.11 représente les données et la droite d'ajustement de la période de pointe du matin. Le Tableau 3.3 présente les coefficients donnant le meilleur ajustement pour toutes les périodes de la journée. Notez que les constantes non significatives ont été conservées dans les modèles. Les coefficients correspondant à la période de pointe du soir sont nettement différents de ceux correspondant à la période de pointe du matin. Les coefficients de la mi-journée diffèrent aussi significativement de ceux obtenus pour la période de pointe du soir, mais pas de ceux correspondant à la période de pointe du matin. Vous noterez également que la pente de la période de pointe du matin (0.468) est beaucoup plus basse que celle que l'on obtenait pour la même période mais pour les itinéraires courts sur routes principales (1.1935, voir le Graphique 3.9, partie droite). La relation de fiabilité est donc manifestement différente selon que les itinéraires empruntent des routes principales ou d'autres routes.

Graphique 3.11. Retard moyen en fonction de l'écart type, ajusté au moyen d'une fonction linéaire

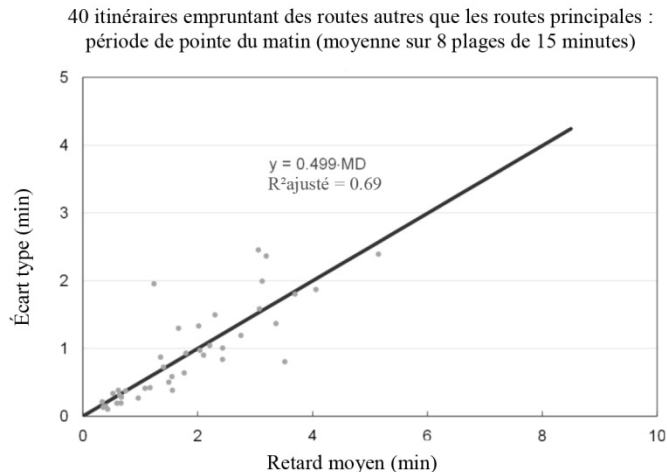


Tableau 3.3. Coefficients correspondant au meilleur ajustement de la relation empirique entre l'écart type et le retard moyen (équation 9) pour les itinéraires empruntant d'autres routes que les routes principales

	Période de pointe du matin			Période de la mi-journée			Période de pointe du soir			Unité
	Coefficient	±	(t-ratio)	Coefficient	±	(t-ratio)	Coefficient	±	(t-ratio)	
a[0]	0.049	± 0.120	(0.4)	-0.074	± 0.049	(-1.5)	-0.079	± 0.106	(-0.7)	min
a[1]	0.468	± 0.054	(8.7)	0.534	± 0.030	(17.6)	0.637	± 0.044	(14.6)	
a[2]	-			-			-			min
a[3]	-			-			-			min/km
R ² aj.	0.662			0.891			0.848			

Note : « - » indique qu'aucune valeur significative n'a été trouvée.

Implications pour l'action des pouvoirs publics

Prise en compte actuelle de la fiabilité dans l'ACA

Jusqu'ici, la fiabilité est prise en compte dans l'ACA néerlandaise selon la méthode pratique et prévisionnelle élaborée par Besseling et al. (2004). Autrement dit, on intègre les avantages liés à la fiabilité en multipliant par 1.25 les gains obtenus en réduisant la congestion et donc les temps de parcours. Cette proportionnalité repose sur le lien entre la réduction de la congestion et les améliorations de la fiabilité.

Ce traitement de la fiabilité n'est toutefois d'aucune utilité lorsqu'il s'agit d'évaluer des politiques visant plus particulièrement la variabilité du temps de parcours. Une approche intégrant dans l'analyse coût-avantages les effets de ces politiques favorisera un examen plus pertinent des options. L'examen préalable des projets incitera alors à élaborer non seulement des politiques qui réduisent le temps de parcours moyen, mais aussi des politiques qui améliorent la variabilité du temps de parcours.

Meilleure prise en compte des effets des politiques qui influent sur la variabilité du temps de parcours

Le nouveau modèle de prévision de la fiabilité des temps de parcours n'impose pas que l'on fasse évoluer le modèle de transport. Il s'agit en effet d'un module distinct qui utilise les résultats du modèle de transport pour prévoir l'effet des projets d'infrastructure sur la variabilité du temps de parcours. C'est ce qu'on appelle un module de post-traitement. Ses résultats ne seront pas injectés en retour dans le modèle de transport. Cela signifie que les réactions des usagers des réseaux aux variations de la fiabilité ne se retrouvent pas dans les niveaux de fiabilité prédits.

Les relations empiriques présentées à la section précédente ont été intégrées dans le module de post-traitement, lequel se base sur un scénario LMS/NRM pour calculer la valeur de l'indicateur de fiabilité correspondant à chaque paire origine-destination. Cependant, du fait du processus itératif d'affectation des modèles LMS/NRM, les itinéraires susceptibles d'être attribués aux personnes qui se déplacent entre une origine et une destination peuvent être multiples. Notre module de post-traitement reproduit cette

affectation et stocke tous les itinéraires à chaque étape du processus d'itération. Une fois les temps de parcours du dernier segment calculés, notre module revient sur tous ces itinéraires et calcule la fiabilité de chacun d'eux à l'aide de l'équation (9) et des coefficients des Tableaux 3.2 et 3.3. La valeur finale de l'indicateur de fiabilité d'une paire origine-destination est calculée en faisant la moyenne des indicateurs de fiabilité obtenus à chaque étape du traitement itératif, pondérés par le débit affecté lors de cette étape.

Si un itinéraire emprunte à la fois des routes principales et d'autres routes, l'indicateur de fiabilité est calculé pour les deux types de voies séparément. La fiabilité totale d'un tel itinéraire est alors égale à la racine carrée des sommes au carré des valeurs des deux indicateurs de fiabilité. De façon implicite, nous avons supposé ici que les retards enregistrés sur les temps de parcours des routes principales n'étaient pas corrélés à ceux des autres routes. Au vu d'une analyse (limitée) de nos données, qui a montré que cette corrélation était effectivement faible, cette hypothèse paraît raisonnable.

Le module calcule également la valeur d'un indicateur de fiabilité national (ou régional) en additionnant les écarts types de toutes les paires origine-destination pondérées par le débit de circulation correspondant. Ces totaux sont calculés pour chaque période et peuvent être additionnés pour donner l'indicateur de fiabilité de la journée entière ; les deux périodes de pointe se voient alors attribuer un poids égal à 2. L'analyse des données sur 24 heures nous a permis de déduire qu'il fallait donner un poids égal à 9.5 à la période de la mi-journée pour obtenir un total journalier correct.

Un essai effectué avec ce nouveau module a indiqué qu'en 2004, l'indicateur de fiabilité (c'est-à-dire la somme des écarts types de toutes les paires origine-destination) avait été de 48 400 heures pour une heure de la période de pointe du matin ; 60 % de cette valeur provenait des routes principales et 40 %, des autres routes. L'exécution correspondante du modèle LMS a montré que l'ensemble des voyageurs avaient totalisé, pour une heure de la période de pointe du matin, un retard de 77 000 heures, ce qui donne un rapport fiabilité (nationale) sur retards égal à 63 %.

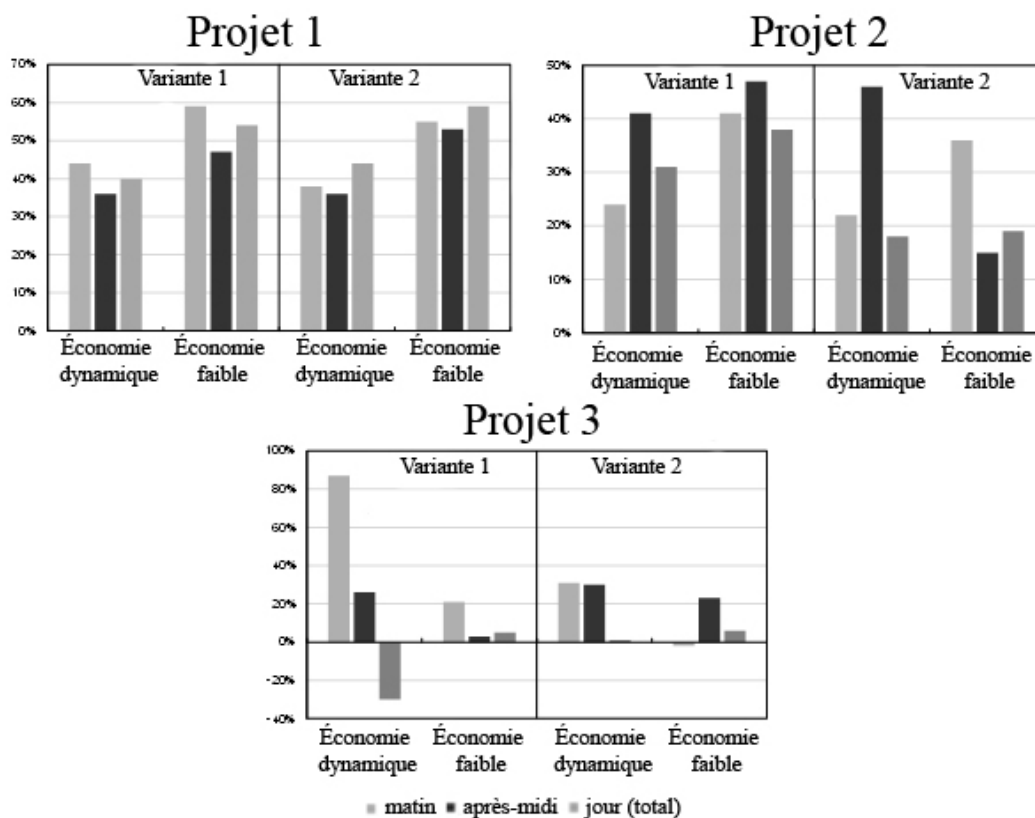
Le nouveau module établit une distinction nette entre les gains de temps de parcours dus à des itinéraires plus courts (voie de contournement, par exemple) et ceux provenant d'une réduction de la congestion. Les premiers n'entraînent pas de gains de fiabilité, à la différence des seconds. S'il se produit un ralentissement modéré sur la voie de contournement, la fiabilité peut même se détériorer, malgré une baisse des temps de parcours globaux. Le nouveau module tient également compte des échanges de circulation entre les routes principales et les autres routes. Lorsque la congestion est faible sur une route principale, les voyageurs circulant normalement sur des routes secondaires peuvent être amenés à changer d'itinéraire. Comme le rapport avec le retard moyen diffère d'un type de voie à l'autre, cette déviation de la circulation est susceptible d'entraîner des volumes atypiques de gains et de pertes de fiabilité. Autre point, une vitesse maximale plus basse peut entraîner une réduction des retards moyens et donc une amélioration de la fiabilité, laquelle traduit un débit plus uniforme de la circulation (encore que nous n'ayons pas encore testé l'ampleur de l'effet d'une action publique de ce type avec des données d'observation).

Effet sur les résultats de l'ACA

À titre de test, une équipe de recherche de 4Cast a simulé les effets sur la fiabilité de plusieurs projets d'infrastructure à venir, utilisant pour ce faire le nouveau modèle de prévision décrit dans ce chapitre. Les avantages liés à la fiabilité (exprimés en euros, c'est-à-dire égaux aux gains liés à la fiabilité des temps de parcours multipliés par la valeur de ces gains) étaient apparemment compris entre 15 % et 60 % des avantages découlant de la réduction des temps de parcours, encore que des valeurs plus élevées et plus faibles aient aussi été obtenues (selon le projet, la période dans la journée et le scénario économique, voir le Graphique 3.12). Ces chiffres sont du même ordre de magnitude que la règle empirique initialement utilisée, qui consistait à ajouter 25 % aux avantages liés au temps de parcours (Besseling

et al., 2004). La fourchette des pourcentages obtenus sur les différents projets s'explique en grande partie par les différences de longueur d'itinéraire et de volume de circulation.

Graphique 3.12. **Rapport entre les avantages liés à la réduction des temps de parcours et ceux liés à la fiabilité, pour trois projets, et pour deux variantes et deux scénarios économiques par projet**



Source : Graphiques établis par les auteurs d'après 4Cast.

Conclusions et prochaines étapes

Les constatations les plus importantes de ce chapitre sont les suivantes :

- Lorsque l'on ajuste les fonctions de la fiabilité par rapport aux paramètres disponibles dans les modèles de la demande, il est préférable de distinguer la variation entre plages de 15 minutes de la variation entre itinéraires, car il se peut que chacune soit décrite par une fonction différente.
- Pour notre ensemble de données, qui comprend 250 itinéraires empruntant des routes principales des Pays-Bas sur trois périodes dans la journée (périodes de pointe du matin et du soir et mi-journée), la relation empirique qui décrit le mieux la fiabilité est une expression de l'écart type en fonction du retard moyen, du logarithme du retard moyen et de la longueur de l'itinéraire. Les autres formes fonctionnelles testées – qui avaient été décrites dans des travaux publiés – soit

donnaient un coefficient R^2 ajusté bien plus faible, soit aboutissaient à un comportement non vérifié par les données.

- Dans le cas où l'on utilise les temps de parcours observés sur un grand nombre de jours pour obtenir une distribution des temps de parcours, il faut décider si l'on exclut les valeurs aberrantes et si l'on introduit une correction pour tenir compte de la variation des temps de parcours escomptés. La nécessité de rester cohérent avec les fonctions de congestion du modèle de la demande et avec la méthode utilisée pour estimer la fiabilité des temps de parcours doit guider cette décision.
- L'exclusion des valeurs aberrantes peut avoir une forte incidence sur l'écart type et sur les coefficients de la relation empirique. Dans notre projet, nous avons retenu le seuil de trois écarts types au-dessus du temps de parcours moyen ainsi qu'une valeur minimale de 150 % de la moyenne pour séparer les valeurs nettement aberrantes de la queue de la distribution standard des temps de parcours. En moyenne, le temps de parcours de 4 des 251 jours ouvrables dépassait ce seuil. Le fait d'exclure ces valeurs a réduit l'écart type de 29 %.
- La correction apportée pour tenir compte de la variation des temps de parcours escomptés a réduit l'écart type de 12 % supplémentaires. Ce chiffre dépend de la méthode utilisée pour calculer les temps de parcours escomptés. On dispose de très peu de travaux de recherche pour guider la sélection d'une méthode à cette fin.
- Ce modèle de fiabilité est intégré dans un module de post-traitement associé aux modèles national et régionaux de transport. Ces derniers n'ont pas été modifiés ; leurs résultats servent simplement à calculer les variations d'écart type de la distribution des temps de parcours provoquées par un projet d'infrastructure.
- Le module de post-traitement calcule les avantages liés à la fiabilité (c'est-à-dire les variations d'écart type exprimées en heures, multipliées par la valeur des gains liés à la fiabilité des temps de parcours), qui peuvent alors être utilisés dans une ACA.
- Une meilleure intégration, dans l'analyse coût-avantages, des effets des politiques qui modifient la variabilité du temps de parcours favorisera un examen plus pertinent des options. L'examen préalable des projets incitera alors à élaborer non seulement des politiques qui réduisent le temps de parcours moyen, mais aussi des politiques qui améliorent considérablement la variabilité du temps de parcours.

Prochaines étapes

Les mesures concrètes énumérées ci-après permettront une meilleure prise en compte de la fiabilité dans l'élaboration des politiques du transport. Premièrement, le nouveau modèle de prévision de la fiabilité des temps de parcours sera intégré dans les lignes directrices néerlandaises relatives à l'analyse coût-avantages. Deuxièmement, les conséquences des politiques qui influent particulièrement sur la variabilité du temps de parcours feront partie de l'ACA. En attribuant une valeur économique à cette variabilité, on prend acte du fait que, pour peu que la fiabilité s'améliore, indépendamment d'une réduction éventuelle des temps de parcours, les projets de transport destinés à endiguer la congestion peuvent créer davantage de valeur que par le passé. Troisièmement, pour que les investissements de ce type puissent être correctement examinés durant le processus décisionnel d'allocation des ressources, ils seront pris en compte dans l'analyse des options d'investissement, qui permet de hiérarchiser, de classer et de sélectionner les projets d'amélioration des infrastructures. Enfin, on élaborera une directive sur l'intégration dans le processus décisionnel des conséquences des temps de parcours extrêmes ainsi que de la robustesse et de la vulnérabilité des réseaux. Il n'existe toutefois aucune valeur spéciale des gains

liés à la fiabilité des temps de parcours qui permette d'évaluer les changements de la variabilité de ces temps de parcours extrêmes dans l'ACA.

La question d'une meilleure intégration de la fiabilité dans le processus d'élaboration des politiques du transport est résumée dans une stratégie à court et moyen termes, comme il est exposé ci-après, pour faire progresser le modèle de post-traitement de la fiabilité. Il est recommandé toutefois d'intégrer ces prochaines étapes dans une stratégie à long terme (10 ans et plus) portant sur les modèles national et régionaux, élaborée pour permettre d'évaluer le manque de fiabilité dans l'ACA. La base d'une telle stratégie peut être de déterminer l'ensemble des mesures gouvernementales pour lesquelles des évaluations sont ou ont de bonnes chances d'être requises. Ces politiques devraient être confrontées aux capacités de l'ensemble d'outils de modélisation disponible.

Améliorations à court terme du modèle de post-traitement de la fiabilité

- Le modèle de fiabilité prend en charge uniquement le transport routier. Or le modèle de transport national néerlandais peut aussi prévoir les effets des variations de temps de parcours dans les transports publics (train et bus / tram / métro). Il devrait être possible d'estimer les équations expliquant l'écart type des temps de parcours dans les transports publics à partir des variables explicatives disponibles dans les modèles LMS ou NRM. Alors même que nous rédigeons ce chapitre, KiM travaille sur un projet visant à mesurer la façon dont les différentes politiques influent sur la fiabilité des temps de parcours dans les chaînes de transport public.
- Les routes principales néerlandaises sont bien équipées de capteurs à boucle qui alimentent le modèle de transport en données, mais les usagers du réseau routier voyagent aussi sur d'autres routes. La droite de régression est ajustée sur 250 itinéraires empruntant des routes principales et 40 empruntant d'autres routes. La collecte de données supplémentaires et l'extension de la base de données peut améliorer l'analyse de régression des itinéraires comprenant des routes autres que les routes principales.

Améliorations à long terme du modèle de post-traitement de la fiabilité

- Constituer une base de données spécifique pour les politiques qui auront pour effet d'augmenter le temps de parcours, mais pourraient réduire le manque de fiabilité. C'est le cas, par exemple, de celles qui modifient la vitesse maximale ou instaurent un contrôle des accès. Cette base de données permettra d'ajuster une droite de régression spécifique.
- Dans la réalité, les choix de mode, d'heure de départ et d'itinéraire sont influencés par la fiabilité. Le modèle de post-traitement de la fiabilité peut être enrichi d'une boucle de remontée d'informations dans le modèle de transport, de sorte que les décisions des usagers du réseau soient explicitement influencées par l'évolution de la fiabilité.
- L'écart type comprend plusieurs sources de manque de fiabilité, à savoir les épisodes récurrents de congestion, les travaux de voirie, les accidents, les conditions météorologiques imprévues et une composante aléatoire de variation des temps de parcours d'un jour sur l'autre. Les événements extrêmes sont retirés des données avant la recherche de la fonction d'ajustement. Notre modèle prédit donc les variations de fiabilité sans tenir compte de ces valeurs excentrées. Une analyse de ces événements extrêmes fournira des indications sur la robustesse et la vulnérabilité du réseau. Des travaux supplémentaires de recherche fondamentale seraient toutefois nécessaires pour élaborer une valeur spéciale des gains liés à la fiabilité des temps de parcours, qui permette d'évaluer les changements de la variabilité de ces temps de parcours extrêmes dans l'ACA.

Remerciements

Ces travaux de recherche ont été financés par le ministère néerlandais de l'Infrastructure et de l'Environnement. Nous voudrions remercier Jasper Willigers (Significance) et Nick Bel (actuellement chez ProRail) pour leur aide dans l'analyse des données. Nous remercions également 4Cast pour les tests du nouvel outil qu'ils ont effectués.

Enfin, nous remercions Arjen 't Hoen et Jan van der Waard (KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis), Henk van Mourik (ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement), Marcel Mulder (Rijkswaterstaat – Eau, circulation et environnement, ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement) et Gerard de Jong (Significance) pour leurs commentaires et leurs suggestions.

Notes

- 1 Fosgerau (chapitre 2) préfère utiliser la variance du temps de parcours plutôt que l'écart type. Dans son texte, il montre que la variance est théoriquement plus appropriée dans le cas de navetteurs bénéficiant d'horaires de travail variables. En outre, la variance présente l'avantage de pouvoir être additionnée entre les différents segments d'un trajet (à condition toutefois que les temps de parcours de ces segments soient indépendants). Cependant, pour cette étude, nous préférons utiliser l'écart type car a) il est cohérent avec l'étude d'évaluation néerlandaise, b) la plupart des personnes qui voyagent aux heures de pointe sont des navetteurs travaillant à heure fixe et c) les longueurs types des segments de trajet de notre étude sont si courtes que les temps de parcours sur des segments adjacents sont certainement corrélés.
- 2 Les temps de parcours extrêmes sont retirés des données avant la recherche de la fonction d'ajustement. Notre modèle prédit donc les variations de fiabilité sans tenir compte de ces valeurs extrêmes. Une analyse (séparée) de ces événements fournira des indications sur la robustesse et la vulnérabilité du réseau.

Les politiques peuvent influencer sur la fiabilité, mais peuvent aussi agir sur la robustesse et la vulnérabilité du réseau. Ces deux aspects devraient être pris en compte dans une analyse coût-avantages. L'outil que nous décrivons ici ne considère que la composante de fiabilité, hors événements extrêmes. L'intégration de ces événements dans ce module ou dans un outil séparé fait partie des améliorations à plus long terme du modèle de post-traitement de la fiabilité.
- 3 Toutes les estimations du présent document ont été obtenues à l'aide de l'algorithme LFIT présenté dans les ouvrages « Numerical Recipes » (Press et al., 1992).

Références

- Besseling, P., W. Groot et A. Verrips (2004), « Economische toets op de Nota Mobiliteit », CPB Document 65, Centraal Planbureau, La Haye.
- de Jong, G.C. et M.C. Bliemer (2015), « On including travel time reliability of road traffic in appraisal », *Transportation Research Part A*, vol. 73, pp. 80-95.
- de Jong, G.C., M. Kouwenhoven, J. Bates, P. Koster, E.T. Verhoef, L. Tavasszy et P.M.J. Warffemius (2014), « New SP-values of time and reliability in freight transport in the Netherlands », *Transport Research Part E*, vol. 64, pp. 71-87.
- Department for Transport (2014), « Transport analysis guidance: WebTAG », <https://www.gov.uk/guidance/transport-analysis-guidance-webtag> (consulté le 8 décembre 2015).
- Eliasson, J. (2006), « Forecasting travel time variability », document présenté à la Conférence annuelle sur les transports en Europe de 2006, Strasbourg.
- FIT (2010), *Améliorer la fiabilité des réseaux de transport de surface*, Éditions OCDE, Paris.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282102442->
- Geistefeldt, J., S. Hohmann et N. Wu (2014), « Ermittlung des Zusammenhangs von Infrastruktur und Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Straße », rapport final à l'attention du ministère fédéral des Transports et de l'Infrastructure numérique, mars 2014.
- Gilliam, C., T. Kean Chin, I. Black J. et Fearon (2008), « Forecasting and appraising travel time variability in urban areas », document présenté à la Conférence annuelle sur les transports en Europe de 2008, Noordwijkerhout.
- Hamer, R., G.C. de Jong et E.P. Kroes (2005), « The value of reliability in Transport – Provisional values for the Netherlands based on expert opinion », RAND Technical Report Series, TR-240-AVV.
- HEATCO (2006), « Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment », Deliverable 5, Proposal for harmonized guidelines, IER, Université de Stuttgart.
- Hellinga, B. (2011), « Defining, measuring, and modeling transportation network reliability », rapport destiné au ministère néerlandais des Transports, Rijkswaterstaat, Delft.
- Hyder Consulting, I. Black et J. Fearon (2008a), « Forecasting Travel Time Variability in Urban Areas », *Deliverable 1: Data Analysis and Model Development*, Department for Transport, Royaume-Uni.
- Hyder Consulting, I. Black et J. Fearon (2008b), « Forecasting Travel Time Variability in Urban Areas », *Deliverable 2: Model Application*, Department for Transport, Royaume-Uni.
- KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis (2013), « The social value of shorter and more reliable travel times », <https://english.kimnet.nl/publications/reports/2013/11/18/the-social-value-of-shorter-and-more-reliable-travel-times>
- Kouwenhoven, M., G.C. de Jong, P. Koster, V.A.C. van den Berg, E.T. Verhoef, J. Bates et P.M.J. Warffemius (2014), « New values of time and reliability in passenger transport in the Netherlands », *Research in Transportation Economics*, vol. 47, pp. 37-49.

- Mahmassani, H.S., J. Kim, Y. Chen, Y. Stogios, A. Brijmohan et P. Vovsha (2014), « Incorporating reliability performance measures in planning and operations modelling tools », SHRP2 report S2-L04-RR-1, Transportation Research Board, Washington DC.
- Ministère de l'Infrastructure et de l'environnement (2012), « Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) », La Haye, <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2012/03/13/structuurvisie-infrastructuur-en-ruimte.html> (consulté le 8 décembre 2015).
- Ove Arup and Partners Ltd, J. Bates, J. Fearon et I. Black (2003), « Frameworks for Modelling the Variability of Journey Times on the Highway Network », Arup, Londres.
- Peer, S., C. Koopmans et E.T. Verhoef (2012), « Prediction of travel time variability for cost-benefit analysis », *Transportation Research Part A*, vol. 46, n° 1, pp. 79-90.
- Press, W.H., S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling et B.P. Flannery (2007), *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing*, 2nd ed., Cambridge University Press, New York
- Significance (2011), « Schattingen van keuzemodellen voor het LMS 2010 », La Haye.
- Significance, VU University Amsterdam et J. Bates (2007), « The value of travel time and travel time reliability, survey design », rapport final à l'attention du ministère néerlandais des Transports, des Travaux publics et de la Gestion de l'eau, Significance, Leiden.
- Sirivadidurage, S., A. Gordon, C. White et D. Watling (2009), « Forecasting day to day variability on the UK motorway network », document présenté à la Conférence annuelle sur les transports en Europe de 2009, Noordwijkerhout.
- TRB (2003), « Interim Planning for a Future Strategic Highway Research Program », NCHRP National Cooperative Highway Research Program, Report 510, Washington DC.
- Willigers, J. et M. de Bok (2009), « Updating and extending the disaggregate choice models in the Dutch national model », document présenté à la Conférence annuelle sur les transports en Europe de 2009, Noordwijkerhout.

Chapitre 4

Utilisation de l'analyse *ex post* pour estimer les effets économiques plus larges lors de la hiérarchisation des projets de transport

Glen Weisbrod¹

*Les processus de hiérarchisation et de sélection des projets de transport nécessitent que l'on prenne en considération de nombreux aspects : coûts, avantages visés et autres effets. Les méthodes d'analyse économique peuvent mesurer un grand nombre de ces facteurs, mais elles doivent être définies de façon à répondre aux besoins d'information des décideurs. Ce chapitre examine comment l'analyse coût-avantages, l'analyse des effets économiques et l'analyse multicritère ont évolué et comment elles ont été appliquées pour répondre à la forme spécifique des processus décisionnels gouvernementaux en vigueur aux États-Unis et dans quelques autres pays. Il étudie comment les études de cas *ex post* et les études statistiques associées ont été encouragées et utilisées pour éclairer et affiner les méthodes d'évaluation *ex ante*. Il se conclut par un examen des avantages, des limites et des compromis liés à l'utilisation de cette approche dans la prise de décisions relatives aux projets de transport.*

¹ Economic Development Research Group, Boston, États-Unis.

Introduction

Les projets, programmes et politiques de transport impliquent des décisions à plusieurs stades : planification (aménagement), hiérarchisation (établissement des priorités), financement et mise en œuvre. Pour que ces décisions soient optimales, il est essentiel que la réflexion préalable soit nourrie d'informations complètes et exactes sur les besoins et sur les conséquences de l'application des différentes options. L'analyse des effets économiques et l'analyse coût-avantages (ACA) sous plusieurs formes sont fréquemment employées dans ce but, mais, au fil du temps, les approches spécifiques retenues ont varié selon les pays et les gouvernements. Globalement, l'évolution vers une information plus complète et plus exacte est commune à tous, tout comme les initiatives pour mieux aligner les méthodes d'analyse sur les besoins des décideurs.

Ce chapitre examine un aspect de cette évolution, qui tient à la définition, à la mesure et à l'utilisation, dans les processus décisionnels relatifs aux transports, d'indicateurs susceptibles de rendre compte des effets autres que ceux s'exerçant sur l'usager. Il vise plus précisément les effets économiques qui ne concernent pas directement les usagers, et leurs conséquences plus générales sur le développement économique. Il examine comment et pourquoi la définition et la mesure de ces effets diffèrent selon les administrations (nationales et étatiques ou régionales) et se penche spécifiquement sur le fait que les méthodes d'évaluation « fondées sur des cas » et les « études de cas *ex post* » sont de plus en plus utilisées aux États-Unis pour éclairer le processus décisionnel.

Une grande partie du chapitre est consacrée à l'évolution des processus d'évaluation et de prise de décision aux États-Unis et à quelques exemples parallèles au Canada et en Australie. La présentation a pour but de fournir un aperçu riche d'enseignements de la façon dont ces questions sont traitées dans le contexte d'un système de gouvernement fédéral très spécifique. Elle ne permet aucunement d'affirmer que les approches décrites dans ce rapport sont nécessairement applicables à d'autres formes de pouvoir décisionnel. L'examen se propose plutôt de mettre en lumière une question fondamentale : quelle peut être la place de l'analyse coût-avantages (analyse de l'efficacité) aux côtés de méthodes plus générales, qui prennent en considération les facteurs du processus décisionnel touchant à l'équité de la distribution et au caractère stratégique de l'action publique. Ces méthodes peuvent comprendre d'autres formes d'analyse économique, comme celles qui visent à évaluer le développement économique et les effets financiers.

Le reste de ce chapitre est organisé en quatre parties. En premier lieu, il définit les avantages et détermine les méthodes disponibles pour évaluer ceux-ci. Il examine les motifs et les bienfaits escomptés des projets de transport, et étudie comment ces buts peuvent ou devraient influencer sur le processus d'évaluation (d'examen préalable). Il se penche ensuite sur la façon dont les méthodes d'évaluation économique ont évolué au fil du temps pour englober l'analyse coût-avantages (ACA), l'analyse des effets économiques (AEE) et l'analyse des effets financiers (AEF), et sur la finalité de ces méthodes, qui est de faciliter une meilleure comptabilité des objectifs réalisés et des effets obtenus.

En deuxième lieu, le chapitre étudie la mise au point et l'essor de l'analyse *ex post* d'études de cas, de l'analyse multicritère *ex ante* et des méthodes de planification fondées sur des données probantes aux États-Unis. Il examine ce qui motive ces approches et aborde spécifiquement leur capacité à couvrir les effets de seuil, les effets d'interaction et les effets redistributifs. Il analyse également leurs conséquences sur la prise de décision à différents stades de la planification.

En troisième lieu, le chapitre présente un examen critique des points forts et des points faibles de l'analyse *ex post* et des méthodes de planification fondée sur des données probantes, et isole les principaux facteurs d'effet dont la prise en compte doit être améliorée dans les cadres décisionnels. Cela comprend la nécessité de cerner comment la création de nouvelles liaisons spatiales, temporelles et redistributives peut exercer sur l'adoption des techniques et des technologies et sur les structures d'activité des influences dépassant largement les gains d'efficacité pour les bénéficiaires du système de transport existant.

Enfin, le chapitre examine comment les constatations des études peuvent être intégrées dans les systèmes de comptabilisation des coûts, des avantages et des effets, et comment cette information peut servir à mieux informer le grand public ainsi que les parties prenantes et les décideurs privés.

Définition et mesure des effets et des avantages économiques plus larges

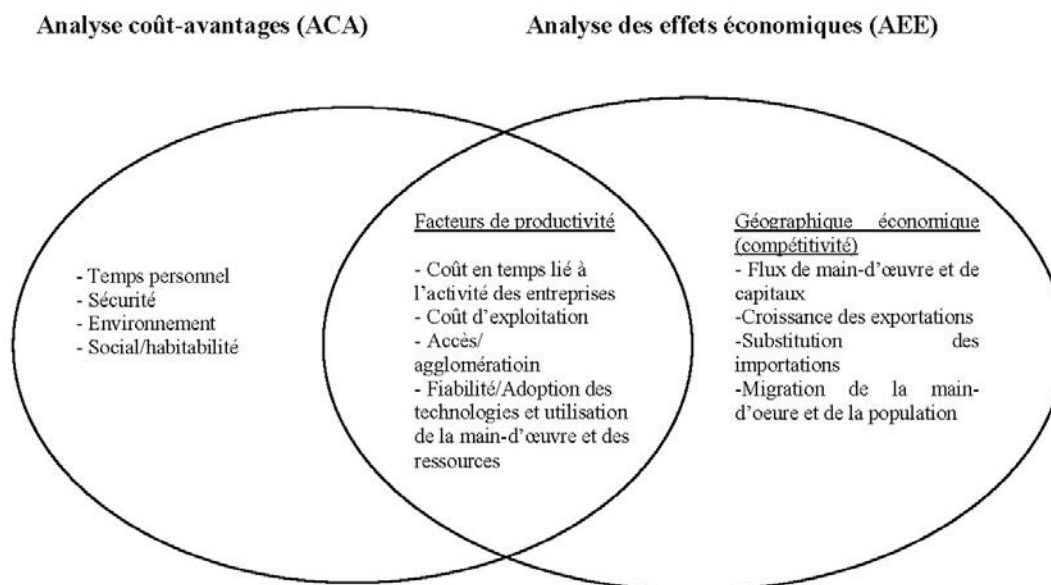
Définitions des avantages et des effets économiques plus larges

Pour comprendre l'évolution des méthodes d'évaluation des effets économiques plus larges (et de leur utilisation à des fins de hiérarchisation et de sélection des projets), on doit d'abord déterminer les critères entrant dans la définition des notions d'avantages et d'effets économiques. Les définitions de ces notions, elles-mêmes, renvoient à trois axes distincts d'analyse économique qui correspondent, chacun, à une perspective et une finalité différentes des processus d'évaluation des transports. Ces trois axes sont l'analyse coût-avantages (ACA), l'analyse des effets économiques (AEE) et l'analyse des effets financiers (AEF). Leurs incidences réciproques, leurs différences et leurs utilisations ont été étudiées dans un certain nombre de documents et de rapports précédents (par exemple : Thompson, 2008 ; Weisbrod et al., 2015). Ces trois analyses peuvent se compléter et être utilisées concurremment pour éclairer la prise de décision, mais elles donnent aussi des vues très différentes des avantages et des effets économiques.

Le diagramme de Venn du Graphique 4.1 montre la zone de chevauchement entre l'ACA et l'AEE telles que ces analyses se pratiquent aux États-Unis, au Canada et en Australie. Cette intersection comprend les avantages monétaires liés à l'activité des entreprises, tandis que le côté gauche regroupe les avantages non monétaires pour la société et le côté droit, les effets plus larges sur le développement économique d'une région donnée. On parle d'« avantages » pour désigner les éléments examinés dans l'ACA et d'« effets économiques » pour ceux pris en compte dans l'AEE. Ces derniers sont généralement calculés à l'aide d'un modèle de simulation économique régional.

Le diagramme de Venn du Graphique 4.2 montre le chevauchement entre les avantages en termes de bien-être et les effets sur le PIB dans les documents du ministère des Transports du Royaume-Uni. À première vue, il a l'air similaire au diagramme précédent, mais en fait il présente avec celui-ci des différences fondamentales. Le point le plus capital est que le deuxième diagramme se concentre exclusivement sur la mesure de l'ACA et illustre la distinction entre les éléments de PIB qui peuvent ou ne peuvent pas être intégrés dans cette analyse sous la forme de gains de bien-être. Il adopte la perspective d'un équilibre partiel et n'essaie donc pas de faire apparaître l'ensemble complet des effets sur le PIB (associés à la main-d'œuvre, au capital et aux flux commerciaux) qui pourraient être représentés dans une analyse séparée des effets économiques.

Graphique 4.1. Différences entre analyse coût-avantages et analyse des effets économiques (États-Unis)

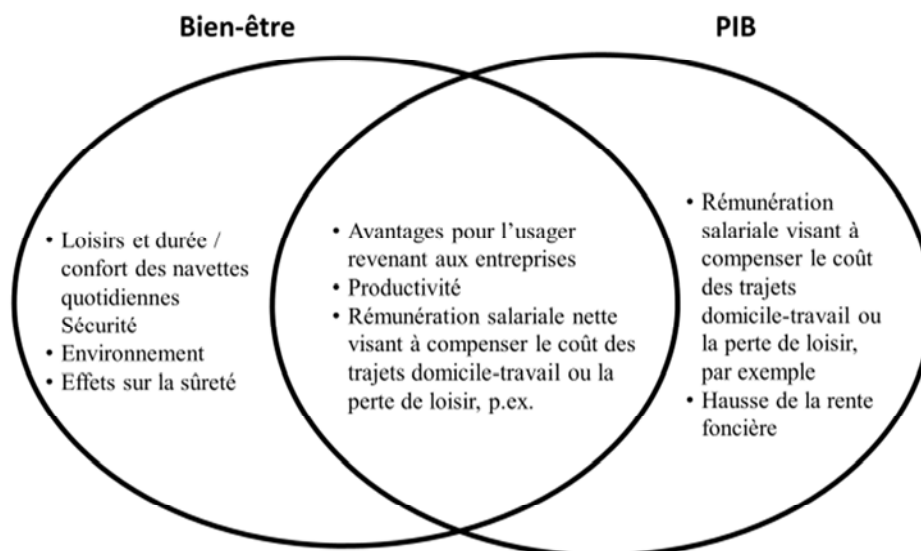


Note : Ce graphique puise aussi dans des études antérieures ; voir Wang, 2015 ; Weisbrod et al., 2015, 2006.
Source : Weisbrod, Mulley et Hensher, 2015.

Comme nous le verrons, l'une des raisons profondes de la différence entre ces deux approches réside dans le fait qu'aux États-Unis, les décisions relatives à la hiérarchisation et à la sélection des projets sont prises en grande partie au niveau des États fédérés. À ce niveau d'administration, l'analyse des effets économiques est largement utilisée et tous les facteurs d'effet économique présentés dans le Graphique 4.1 sont généralement considérés comme les éléments d'un *objectif politique stratégique* de développement économique. Ces facteurs d'effet sont examinés en parallèle des avantages pour l'utilisateur lors des processus de hiérarchisation et de sélection. Cette question des différences de contexte dans la mesure des effets sur le développement économique et de mode d'application des mesures obtenues sera étudiée plus en détail dans le reste de ce chapitre.

Le titre du chapitre utilise l'expression « effets économiques plus larges » pour souligner que l'on se propose d'examiner l'ensemble complet des facteurs influant sur le développement économique qui sont étudiés dans les analyses des effets économiques. Aux États-Unis, on parle d'« effets économiques » pour désigner ces facteurs, mais il faut distinguer cette large catégorie de celle apparaissant sous la même dénomination dans les directives sur le transport au Royaume-Uni, où l'expression « effet économique » désigne désormais une catégorie plus étroite correspondant à ce qui était autrefois appelé les « avantages économiques plus larges ». Cette dernière notion se définit comme correspondant à la partie médiane du Graphique 4.2, à l'exclusion des avantages pour l'utilisateur revenant aux entreprises.

Graphique 4.2. Différences entre analyse coût-avantages et analyse des effets économiques : couverture des effets sur le bien-être et sur le PIB (Royaume-Uni)



Note : Ce graphique puise aussi dans des études antérieures ; voir Department for Transport (UK) (2005).
Source : Venables, Laird et Overman, 2014.

Critères d'évaluation des projets proposés

Il est important d'établir d'emblée le processus et les critères utilisés pour l'évaluation *ex ante* des projets proposés, car c'est ce qui détermine le type d'information nécessaire. Dans le système fédéral des États-Unis, l'administration centrale n'est pas responsable de la hiérarchisation ni de la sélection des projets relatifs aux transports de surface. Ce sont généralement les ministères des Transports des États fédérés qui prennent ce type de décisions, les organismes d'aménagement métropolitain (MPO, *metropolitan planning organisations*) dirigeant le processus dans les zones urbaines. Les différentes étapes sont formellement définies ; la première regroupe la déclaration des objectifs d'action (principes directeurs) et l'évaluation des différents plans à long terme possibles pour atteindre ces objectifs. On procède ensuite à une sélection et à une hiérarchisation des projets proposés qui sont cohérents avec le plan à long terme ; les projets retenus sont alors répertoriés dans un plan d'amélioration des transports (TIP, *transportation improvement plan*) à cinq ou six ans. Les principaux projets sélectionnés sont soumis à une « analyse des options », qui permet d'évaluer les solutions alternatives d'implantation et de conception possibles des projets, à la suite de quoi le plan sélectionné entre dans la phase où sont prises les décisions de financement et de mise en œuvre. (Ce processus est décrit dans ICF, 2009.) On retrouve cette progression par étapes dans de nombreux autres pays.

Une étude récente a examiné les objectifs officiellement déclarés dans l'énoncé des ambitions ou des plans à long terme des ministères des Transports des États-Unis. L'étude a permis de constater que deux tiers des États mentionnaient les quatre mêmes objectifs stratégiques fondamentaux que leurs résidents : sûreté, mobilité/accessibilité, bonne gestion de l'environnement et développement économique. Autrement dit, les résultats ultimes recherchés dans les plans de transport à long terme visaient à améliorer la vie des populations et leur environnement de vie/de travail. L'efficacité des déplacements était bien moins souvent citée, ce qui signifie qu'elle était le plus souvent considérée comme un aspect intermédiaire et non comme un résultat ultime (Volpe, 2012).

Les objectifs à long terme sont importants car ils constituent la base des étapes suivantes de planification, hiérarchisation, conception et financement des projets. À chaque étape, il est nécessaire d'examiner les coûts tout autant que les avantages ou les effets des options proposées, et d'utiliser un système de mesure des avantages qui cadre avec les objectifs déclarés. Les processus décisionnels diffèrent à chaque étape, mais les méthodes servant à évaluer les propositions concurrentes (scénarios, dispositifs et projets) nécessitent généralement trois attributs :

- **Pertinence.** Pour être pertinente, une évaluation doit examiner les justifications et les objectifs du projet, et apprécier dans quelle mesure celui-ci produit les effets escomptés ainsi que d'éventuels effets involontaires. Elle doit aussi étudier les « besoins » du projet : l'investissement financier et les mesures non financières nécessaires pour que le projet puisse progresser. Tout décalage entre l'évaluation et les objectifs peut créer un hiatus qui amoindrit l'utilité de l'évaluation pour les décideurs.
- **Réalisme.** Une évaluation est réaliste lorsqu'elle est en mesure de repérer les différences entre des projets concurrents dans des contextes différents. Elle doit pour cela discerner les cas dans lesquels, localement, les conditions et le contexte du projet modifient la probabilité favorable ou défavorable d'effets entre plusieurs solutions alternatives. Cet aspect est indispensable si l'on veut pouvoir distinguer des projets concurrents qui présentent les mêmes volumes de passagers et les mêmes gains pour ces passagers, mais différent largement quant aux conditions et au contexte, et donc quant à la nature de leurs effets plus larges. Cette distinction peut être d'une importance critique pour hiérarchiser et sélectionner les projets dans le cadre d'un budget donné.
- **Exactitude.** Pour être exacte, une évaluation doit différencier les besoins et les effets par rapport à des facteurs de seuil portant sur : a) les conditions acceptables minimales et b) les fourchettes de temps de parcours et de coûts de transport acceptables. Faute de quoi, il pourrait être impossible de distinguer les projets qui répondent à des carences et des besoins locaux critiques de ceux dans lesquels les besoins sont moins criants. Il peut aussi être impossible de différencier les projets dont les effets sont trop faibles ou trop éparpillés pour avoir un réel impact sur le comportement ou les résultats économiques, de ceux dont les effets sont suffisamment importants et concentrés pour générer les incidences souhaitées à un niveau nettement observable.

La prise en compte de ces trois attributs, combinée à une prise de décision intervenant au niveau des États fédérés, aide à comprendre l'utilisation relative des techniques d'analyse coût-avantages et d'analyse multicritère aux États-Unis. Cela peut aussi contribuer à éclaircir l'intérêt porté à l'analyse *ex post* et à la planification sur la base de données probantes. Le présent chapitre examine ces liens. Il étudie l'évolution des méthodes d'évaluation des projets aux États-Unis en s'intéressant à la façon dont elles se sont transformées pour mieux satisfaire à ces trois critères. Nous commençons cette analyse par la question de la pertinence afin de mieux comprendre comment les méthodes d'évaluation des avantages évoluent pour mieux rendre compte des justifications d'un projet. Les questions de réalisme et d'exactitude sont abordées plus loin dans ce chapitre, dans la mesure où les études de cas *ex post* contribuent à faire la lumière sur les besoins et les possibilités d'amélioration de ces sujets.

Rappel historique : le rôle des avantages plus larges dans les objectifs d'investissement

La première tâche consiste à déterminer les différentes justifications du projet qui pourraient être des aspects *pertinents* de la définition des avantages de ce projet. Il peut être utile de partir d'une vue d'ensemble de la façon dont les justifications du projet ont été envisagées et dont la concrétisation des objectifs du projet a été évaluée au fil du temps.

Se préoccuper des avantages et du coût d'un projet n'est pas chose nouvelle. Les processus de planification, de financement et de mise en œuvre de projets, de programmes et de politiques de transport remontent à des milliers d'années – à l'Antiquité. On peut ainsi penser aux services caravaniers de l'ancienne Mésopotamie, aux croisières touristiques sur le Nil en Égypte, aux services de transport de passagers en charrette dans les villages de la Grèce antique et aux centres intermodaux d'échanges terre / mer disséminés dans l'Empire romain (Casson, 1994 ; Bernstein, 2008). Plus récemment (quatre derniers siècles), des sommes considérables ont été investies dans les canaux et les voies navigables, le transport urbain, les liaisons interurbaines ferroviaires et routières, ainsi que dans les aéroports et les ports maritimes. Dans chaque cas, les décisions d'investissement et de mise en œuvre devaient être prises après considération au moins implicite ou tacite de la faisabilité technique et financière du projet et de l'existence d'avantages ou de retours suffisants pour les investisseurs (publics et privés).

Dans les exemples cités précédemment, les raisons qui ont incité les parties à construire les installations et lancer les services de transport sont multiples : instauration ou renforcement d'une défense nationale, nouvelles formes de commerce entre marchés, accès à des emplois, accès à des possibilités de loisirs, adoption de nouveaux produits et de nouvelles techniques de distribution, modification des schémas de mise en valeur des terrains urbains, économies de temps et d'argent, fiabilité, qualité de vie (habitabilité) et flux entrants d'investissement et d'actifs, réduction du bruit et de la pollution de l'air et amélioration de la santé et de la sûreté. Ces objectifs englobent à la fois des avantages directs pour les usagers et des effets plus larges sur l'environnement et le développement économique. Autrement dit, l'intérêt pour les avantages qui ne bénéficient pas directement aux usagers – désormais regroupés sous le terme d'avantages « plus larges » – se manifeste depuis longtemps et ne se résume pas à une manœuvre des pays dont les systèmes de transport sont parvenus à maturité pour justifier des projets qui échouent aux tests coût-avantages pour l'utilisateur.

Aux États-Unis, on peut retrouver la trace d'un examen formel des avantages en termes de développement économique dans les années 1800, à l'occasion des investissements publics massifs dans des projets liés à l'eau (canaux, barrages et irrigation). Le canal Érié (achevé en 1825) est considéré comme l'exemple par excellence d'un investissement dans une infrastructure de transport conçu comme un investissement stratégique, destiné à produire des avantages économiques plus larges. Il a eu pour effet direct le remplacement des charrettes tirées par des chevaux par des barges de plus grande capacité pour transporter vers les agglomérations côtières les céréales produites dans l'intérieur du pays. Avec pour conséquence une division par 20 du coût du blé à New York City. Cette baisse de coût était due à un temps de parcours et un coût de transport réduits par véhicule, et aux économies d'échelle plus importantes liées à l'emploi de véhicules de plus grande capacité (North, 1961).

Pourtant, les réductions de coût directes pour les marchés urbains préexistants ont été éclipsées par un effet secondaire de plus grande ampleur : l'ouverture de la vaste vallée de la rivière Ohio à un accroissement démographique et à un essor des affaires qui, jusque-là, n'étaient ni réalisables ni soutenables économiquement. Le résultat a été un déplacement important des investissements et de la croissance économique vers cette région, aboutissant du même coup à une augmentation des exportations et de la croissance économique nationale. Ce phénomène a favorisé le développement de nouvelles techniques de production agricole susceptibles d'intéresser de plus vastes marchés. Le canal Érié a donc eu des effets directs importants sur l'efficacité du transport, mais aussi des effets secondaires plus larges sur la productivité, sur l'adoption de techniques et sur les trajectoires de croissance de secteurs économiques et de territoires. Ces conséquences plus générales sont analogues aux effets sur la croissance et le développement économique qui ont découlé, dans l'Antiquité, de l'essor de nouvelles routes commerciales et, plus tard, de la généralisation des voies ferroviaires, routières et aériennes.

Une étude récente s'est intéressée aux justifications des projets portant sur la capacité routière aux États-Unis ces trente dernières années et a constaté que ce sont toujours les mêmes raisons qui sont avancées aujourd'hui (EDR Group et al., 2012). On notera tout particulièrement la prise en compte de

facteurs représentant la connectivité et l'accessibilité des marchés – considérées comme un moyen d'ouvrir des perspectives de développement économique futur –, par opposition aux réductions de coût concernant les voyageurs existants. Ces constatations sont présentées de façon plus complète dans l'examen des études de cas *ex post*, plus loin dans ce chapitre.

Évolution des méthodes d'évaluation (d'examen préalable) des projets

Au fil du temps, on constate une nette évolution dans la façon dont les effets sur le développement économique sont considérés dans l'évaluation *ex ante* des projets d'infrastructure aux États-Unis. Durant le siècle qui a suivi la construction du canal Érié, une kyrielle de projets de voies navigables et de barrages financés sur fonds publics ont été justifiés par les avantages secondaires plus larges pour le développement économique régional que l'on prétendait en attendre. Dans les années 30, cependant, le choc de la Grande dépression a conduit à réclamer à grands cris davantage de transparence dans l'utilisation des fonds publics. L'application d'une comparaison coût-avantages a été exigée pour la première fois aux États-Unis en 1936, dans une loi qui spécifiait que les projets d'infrastructures de l'eau financés au niveau fédéral devaient être entrepris à la condition que « les avantages pour qui devait en bénéficier dépassent les coûts estimés » (Loi de 1936 relative à la protection contre les crues, section I). Initialement, on prenait en compte à la fois les gains directs pour les usagers et les avantages secondaires, plus larges, découlant du projet (Hufschmidt, 2000).

Dans les années 60, le développement de l'économie du bien-être a conduit à adopter des normes plus strictes, mettant l'accent sur les principes qui découlaient de ce nouveau domaine, et à les étendre à l'investissement dans les transports. Ce point de vue se retrouve dans la version initiale du US Red Book de l'American Association of State Highway Officials, qui traite des avantages pour les usagers de la route (AASHTO, 1960) et qui a fait l'objet de plusieurs mises à jour, la dernière mouture datant de 2010 (AASHTO, 2010). En témoignent également les exemples d'applications observés au Royaume-Uni dès les années 60.

Ces premiers guides passaient certes les effets secondaires, plus larges, sous silence, mais on s'est toujours efforcé, depuis lors, d'étoffer l'ACA en prenant plus explicitement en compte des avantages secondaires environnementaux, économiques et sociaux. Dès les années 90, les taux d'émission et les facteurs d'évaluation unitaires étaient suffisamment établis pour permettre d'intégrer les avantages environnementaux dans l'ACA en matière de transport.

Des initiatives visant à y ajouter les effets plus larges sur le développement économique ont commencé à poindre à cette même époque, poussées par la crainte des États ruraux que les méthodes d'ACA traditionnelles ne favorisent les investissements destinés à accélérer la construction de routes urbaines à haut volume sans fournir le moyen d'évaluer ceux qui visent la qualité de la desserte des marchés ruraux. Le ministère des Transports du Wisconsin (Weisbrod et Beckwith, 1992) a attiré une attention certaine avec une première tentative pour résoudre ce problème. Ce ministère voulait justifier une route de 293 km reliant Green Bay à Minneapolis. On considérait que ce projet pouvait stimuler la croissance économique d'une région septentrionale, en particulier dans les secteurs liés au conditionnement des produits alimentaires et au tourisme, mais il fut recalé par l'ACA classique. L'étude menée en conséquence présentait un rapport avantages/coût qui était fondé, non plus sur les traditionnels gains de temps et de coûts pour les entreprises, mais sur une estimation de la croissance du PIB dans l'optique du revenu (représentant l'accès amélioré aux marchés) aux, ce qui permit au projet de réussir le test et de progresser. Les ministères des Transports d'Indiana, du Montana et d'autres États ont suivi, adoptant des méthodes d'ACA révisées qui utilisaient le même concept de base, mais en y incorporant une modélisation plus évoluée des effets sur le PIB régional (Kaliski et al., 1999 ; Wornum, 2005). Cette même approche a également été adoptée en Écosse, dans l'étude d'une extension de l'autoroute M74 (Oscar Faber/TPA, 1993). Par la suite, le Royaume-Uni a perfectionné les méthodes de prise en compte des effets sur le PIB dans l'ACA (Department for Transport, 2005).

Il s'en est suivi des initiatives concertées pour étendre encore les méthodes de l'ACA, de sorte que celle-ci rende compte des effets plus larges sur la productivité. Au Royaume-Uni, ces initiatives visaient en grande partie à intégrer les effets d'agglomération urbaine et les effets en termes de main-d'œuvre. Aux États-Unis, l'accent était davantage mis sur les effets en matière de traitement logistique des marchandises et de qualité de desserte de la chaîne d'approvisionnement, qui influent sur l'adoption des techniques et des technologies et sur les économies d'échelle (Shirley et Winston, 2004 ; ICF et HLB, 2004).

Un changement encore plus important s'est produit au cours de la période 2005-15 : les ministères des Transports de nombreux États ont modifié leur approche et adopté des systèmes formels de notation fondés sur une analyse multicritère (AMC). Cette stratégie a été mise en œuvre de façon qu'il soit possible de combiner les indicateurs classiques des avantages pour l'utilisateur avec la mesure des effets macroéconomiques et avec un ensemble plus large d'indicateurs de réalisation des objectifs stratégique et social. Le tableau 4.1 présente, à titre d'exemple, les principaux facteurs d'AMC examinés lors du processus de hiérarchisation des projets des ministères des Transports de six États. Ces facteurs se répartissent généralement en quatre catégories : 1) les avantages liés au déplacement, habituellement estimés par les modèles des transports, 2) les indicateurs liés à l'objectif stratégique, 3) les indicateurs liés aux politiques publiques (objectif social) et 4) les effets économiques régionaux, estimés le plus souvent à l'aide de modèles économiques. Dans la plupart des cas, pour hiérarchiser les projets, les États en sont venus à examiner les conclusions relatives aux avantages pour l'utilisateur et aux avantages plus larges dans le cadre plus général d'une notation multicritère.

Si l'on examine de plus près l'ensemble des facteurs stratégiques, on peut voir qu'un grand nombre d'entre eux intéressent directement l'accessibilité des chaînes d'approvisionnement ou des marchés, ou l'interconnexion avec des débouchés plus vastes, comme de grands couloirs économiques, des chaînes logistiques, des points d'accès internationaux et/ou des terminaux intermodaux. La réduction des « goulets d'étranglement » et l'amélioration de la « fiabilité » sont aussi souvent distinguées car elles peuvent agir sur la productivité d'une chaîne d'approvisionnement et l'adoption des techniques et des technologies (liées au chargement et à l'approvisionnement des stocks) – autant d'effets qui sortent de ce qui est mesuré dans les effets de la congestion généralisée et de la fiabilité sur la réduction des temps de parcours. Certains États prennent ces facteurs en compte séparément de ceux liés aux avantages pour l'utilisateur et aux effets économiques régionaux, tandis que d'autres les mesurent et les utilisent comme données d'entrée d'un modèle d'évaluation des effets économiques régionaux.

Les calculs d'AMC sont effectués par le personnel des ministères des Transports des États fédérés, qui utilise généralement des modèles de la demande de transport et des modèles économiques régionaux pour produire un grand nombre des indicateurs qui entrent ensuite dans le calcul des notes. Les poids attribués aux différents facteurs varient d'un État à l'autre, mais sont généralement dérivés d'un processus public formel de production de données ou d'un processus d'enquête, ou fournis par un groupe d'experts, avant d'être approuvés par l'assemblée législative de l'État. Le nombre de projets à être désormais notés de cette manière va de plusieurs centaines à la fois (dans le cas du Kansas et de l'Ohio) à plusieurs milliers à la fois (dans le cas de la Caroline du Nord).

Les ministères des Transports des États fédérés disposent de budgets annuels fixes pour investir dans ce secteur, aussi appliquent-ils les systèmes de notation évoqués plus haut pour classer les projets par ordre de priorité et pour sélectionner ceux qui seront mis en œuvre. (Cependant, les étapes ultérieures d'analyse des options et de mise en place des financements dépendent toujours à des degrés divers de l'examen de l'ACA, de l'analyse financière et de l'admissibilité du programme au financement.) Il est à noter que les directives du Royaume-Uni relatives à l'évaluation comprennent également un tableau de synthèse d'évaluation (AST, *Appraisal Summary Table*) qui couvre un aussi grand nombre de facteurs stratégiques d'action publique dépassant le cadre de l'ACA et qui, intégré dans un « dossier justificatif » (*Business Case*) plus général, permet que ces facteurs soient examinés lors des phases décisionnelles

(voir la dernière colonne du Tableau 4.1). En revanche, l'AST ne comprend pas l'équivalent des définitions normatives des techniques de mesure ni des poids prédéfinis qui existent dans les systèmes de notation multicritère adoptés par de nombreux États des États-Unis.

Tableau 4.1. Facteurs de notation multicritère utilisés pour hiérarchiser les projets

Facteur de notation	CO	OH	NC	MO	WI	KS	UK
Avantages pour l'utilisateur et pour l'environnement (quantitatif)							
Efficiency : temps de parcours, coût, niveau de service	X	X	X	X	X	X	X
Sûreté (taux d'accident)	X	X	X	-	X	X	X
Pollution : émissions / gaz à effet de serre	X	X	-	X	X	-	X
Avantage stratégique (productivité du système)							
Installations intermodales, accès et correspondance	-	X	(a)	X	(a)	(a)	X
Réduction de goulets d'étranglement localisés	X	X	X	X	X	X	(b)
Interconnexion avec des couloirs clés, des points d'accès mondiaux	-	-	(a)	X	X	(a)	-
Fiabilité des temps de parcours	X	X	(a)	-	(a)	(a)	X
Itinéraire de transport de marchandises par camion, effet sur les chaînes d'approvisionnement	-	-	X	X	(a)	X	-
Réalisation de l'objectif social (qualitatif)							
Emplacement : revitalisation / rénovation d'un territoire	-	X	-	X	-	-	X
Occupation des sols : soutien du regroupement en pôles d'activité ou de l'aménagement interstitiel	X	X	-	X	-	-	X
Politique économique : soutien de la croissance de secteurs ciblés	X	-	-	X	-	-	-
Mobilisation de l'investissement privé	-	X	-	-	-	-	-
Soutien de l'opinion publique locale	X	X	X	-	X	X	-
Résultats macroéconomiques (modélisés)							
Calcul de productivité économique	X	(a)	(a)	-	(a)	(a)	X
Croissance de l'emploi, réduction du chômage	X	X	X	-	X	-	-
Produit régional brut	X	X	X	-	-	X	(a)

Notes : Le tableau d'évaluation (*Appraisal Table*) du Royaume-Uni est également présenté dans la colonne « UK » à titre de comparaison.

X = pris en compte explicitement comme un élément du système de notation

(a) = permis implicitement à travers le calcul de l'avantage lié à l'accroissement de la productivité dans l'ACA ou de l'effet macroéconomique

(b) = pris en compte dans l'avantage lié à l'efficacité des déplacements indiqué ci-dessus

« - » = non intégré au système formel de notation, mais susceptible malgré tout d'être examiné à travers d'autres éléments du processus décisionnel

CO=Colorado, OH=Ohio, NC=Caroline du Nord, MO=Missouri, WI = Wisconsin, KS=Kansas

Source : Weisbrod et Simmonds, 2011, actualisé par l'auteur.

Au stade actuel, on peut dire que beaucoup d'États fédérés ont adopté des systèmes de notation fondés sur l'AMC comme un moyen de combiner des considérations de développement économique stratégique et de politique sociale aux aspects d'efficacité des déplacements (avantage pour l'utilisateur) lors de la prise de décisions relatives aux infrastructures de transport. Le recours à des systèmes de notation multicritère à ces fins présente des avantages et des inconvénients, et il est évident que d'autres pays peuvent utiliser des méthodes différentes pour éclairer les processus décisionnels, mais ce sujet n'est pas abordé dans ce chapitre. (Pour une étude des questions que posent la mise en balance de l'ACA avec des considérations stratégiques et financières dans le contexte du Royaume-Uni, les lecteurs se reporteront à Worsley et Mackie, 2015.) Au lieu de cela, le présent chapitre se concentre sur une constatation, à savoir que l'utilisation de notations multicritères et d'un examen des effets sur le

développement économique multiplie le nombre de facteurs à mesurer dans les projets de transport, ce qui augmente d'autant le besoin de données d'observation et de travaux de recherche concernant : a) la mesure de l'accessibilité, de la qualité de desserte et des facteurs de productivité associés, et b) notre compréhension de la façon dont ces facteurs entraînent des effets plus larges sur la création d'emploi et de revenu. Tout cela a donné un réel élan aux études de cas *ex post* et aux processus décisionnels incorporant des facteurs locaux, abordés plus loin dans ce chapitre.

Pourquoi les États-Unis se sont-ils orientés vers l'AMC ?

Il semble qu'il y ait plusieurs explications possibles au fait que les ministères des Transports des États fédérés aient largement adopté les notations multicritères aux États-Unis. Leur processus décisionnel privilégie la sélection de projets dans une liste préalablement hiérarchisée, que l'on rapproche ensuite de budgets d'investissement fixes. L'utilisation de systèmes de notation pour établir les priorités permet aux ministères d'étudier la question de l'efficacité en parallèle d'un grand nombre de facteurs non liés à l'efficacité, ceux-là mêmes qu'ils doivent obligatoirement examiner dans leurs rapports relatifs aux effets sur l'environnement. Les domaines ainsi couverts ne se limitent pas aux effets sur le développement économique et sur l'environnement, mais comprennent aussi ceux sur l'équité ainsi que les effets cumulatifs sur la concrétisation des objectifs des politiques publiques (ICF, 2009).

Une autre raison probable pour expliquer l'adoption des notations multicritères est que celles-ci fournissent aux États un moyen de donner la priorité aux projets d'importance stratégique, à long terme, pour la durabilité et le développement économique futur de leurs territoires respectifs. Plus précisément, un grand nombre d'États fédérés ont des plans à long terme qui considèrent les « couloirs économiques stratégiques », les « pôles technologiques » émergents, l'« accès au marché du travail » et les « plaques tournantes d'exportation » ainsi que la fragilité écologique comme des questions méritant une attention spéciale. Les notations multicritères sont un moyen de donner du poids aux investissements qui soutiennent ces objectifs et favorisent les investissements entrants. De nombreux États se servent aussi de modèles économiques régionaux pour aider à évaluer les effets économiques des projets, puis utilisent les résultats obtenus pour déterminer certains éléments de leur notation multicritère.

En revanche, il semble que le Royaume-Uni et les pays scandinaves – où la budgétisation et la sélection sont plus centralisées dans le domaine du transport – fondent davantage leurs processus d'évaluation sur les formules d'une ACA. On peut avancer qu'il s'agit là d'une conséquence normale des différences dans les niveaux d'administration responsables des décisions. Le fait est que les administrations centrales sont généralement limitées dans leur capacité à modifier leurs processus décisionnels de façon à prendre en compte les différences régionales concernant les valeurs et priorités des résidents. Il est donc plus logique pour elles de s'appuyer sur des formules d'ACA caractérisées par une élasticité et des facteurs de majoration fixes, et de garder la possibilité de procéder à un examen séparé des facteurs locaux.

L'exemple du ministère fédéral des Transports et de son programme « TIGER » corrobore cette interprétation concernant les administrations centrales. Traditionnellement, le ministère fédéral des Transports ne prenait aucune décision visant à sélectionner des projets. Toutefois, lorsque le Congrès, cherchant à lutter contre les conséquences de la Grande dépression, a mis en place un programme de subventions destiné à accroître les dépenses à l'échelle de l'économie, le ministère fédéral des Transports a établi une procédure d'examen des demandes. Celle-ci utilisait une ACA classique comme principal critère de tri, complétée par un processus distinct et plus qualitatif de prise en compte des facteurs locaux, qui fonctionnait de façon assez semblable à celui du Royaume-Uni (US DOT, 2014).

Élaboration d'une planification et de méthodes d'analyse fondées sur des données probantes aux États-Unis

Évolution des études de cas *ex post* d'effets économiques

Les processus de planification et de hiérarchisation « fondés sur des données probantes » reposent à la fois sur des données réelles tirées de cas précédemment observés et sur la prise en compte des aspects spécifiques du projet proposé, de son contexte et des valeurs locales. La notation effectuée par les ministères des Transports des États fédérés pour hiérarchiser les projets englobe généralement ces mêmes éléments et nécessite donc que l'on dispose d'une base de données probantes sur leur importance et leurs effets. Cette base provient d'études réalisées *ex post*.

Ce type d'études s'est développé aux États-Unis pour deux raisons principalement : 1) réunir des éléments sur la façon dont les programmes gouvernementaux avaient abouti à la réalisation des objectifs, et par là même donner aux politiciens des preuves de l'intérêt qu'il y avait à financer ces programmes, et 2) tirer des enseignements des cas passés de façon à permettre au personnel chargé de la planification des transports à l'échelle locale et étatique d'améliorer les plans établis ainsi que l'estimation des avantages des futurs projets, puis de communiquer ces informations plus efficacement à des publics plus larges. Ces deux raisons ont concentré l'attention sur les résultats en matière de développement économique plutôt que sur ceux relatifs au transport.

En 1991, le General Accounting Office (GAO), organisme fédéral de reddition des comptes de l'administration publique des États-Unis, a publié des instructions sur l'évaluation *ex post* des programmes financés par les autorités fédérales. Ce document appelait à établir un système de mesure des effets économiques qui soit lié aux objectifs des programmes, à utiliser une comparaison *ex post* au moyen de paires appariées ou de contrôles statistiques pour rendre compte des variations exogènes au fil du temps, et à s'efforcer de clarifier l'attribution des variations observées (US GAO, 1991). Ces instructions ont ensuite été utilisées lorsque l'Appalachian Regional Commission (ARC) – au sein de laquelle collaborent 13 États fédérés et l'administration fédérale – a financé des études de cas destinées à étudier les effets économiques de 300 projets de travaux publics locaux (routes et installations de distribution d'eau / d'égout). Ces projets avaient été menés sur la période 2000-10 pour soutenir la croissance économique de zones économiquement défavorisées. Les études mesuraient leurs effets sur la croissance de l'emploi et des revenus. Au cours des années 90, des études *ex post* des effets économiques locaux ont également été réalisées par sept ministères des Transports d'États fédérés, couvrant plus de 50 voies de contournement aménagées (Fitzroy et Weisbrod, 2014).

En 2001, le ministère fédéral des Transports a publié un guide reprenant les normes de documentation des effets économiques *ex post* réels des investissements routiers (EDR Group et Cambridge Systematics, 2001). Ce guide proposait des plans types d'étude des effets des projets routiers sur le développement économique, au niveau d'une région, d'un couloir et d'un lieu donné. Dans les quatre années qui ont suivi, le ministère fédéral des Transports a financé une série d'études de cas *ex post* des effets économiques de grands projets de construction de routes en milieu rural dans tout le pays (FHWA, 2005, par exemple).

En 2008, l'initiative est venue du Strategic Highway Research Program (programme de recherche stratégique sur les routes), fonctionnant sous les auspices du Transportation Research Board ; l'objectif était de constituer une base de données nationale d'études de cas *ex post* concernant les effets de projets de transport sur le développement économique. Appuyée par un financement de 2.5 millions USD, la base de données TPICS (Transportation Project Impact Case Studies, études de cas sur les effets des

projets de transport) a été développée, regroupant des études de cas de routes et de terminaux intermodaux (www.tpics.us). L'extension du système aux projets de transports publics est en cours.

Les cas stockés dans cette base de données doivent obligatoirement comprendre les éléments suivants : a) le contexte et les objectifs du projet, b) des indicateurs économiques mesurés avant et après le projet, c) un point de référence contrefactuel (variations observées dans une région avoisinante ou variations moyennes à l'échelle de l'État durant la même période) et d) la part des variations observées qui peut être attribuée au projet de transport. Des supports pédagogiques ont également été élaborés en vue de la réalisation de nouvelles études de cas et une analyse a été effectuée afin d'évaluer les résultats des 100 premières études de cas. La base de données a continué de s'étoffer et a été remise entre les mains de l'AASHTO, l'association des ministères des Transports des États fédérés, désormais chargée de la faire évoluer. Elle a également changé de dénomination, devenant la base de données d'études de cas *EconWorks* (<https://planningtools.transportation.org/13/econworks.html>).

Sous la direction de l'AASHTO, les ministères des Transports des États fédérés exploitent maintenant le contenu de la base de données afin d'évaluer son utilité pour tirer des enseignements et des indications en matière de planification ; sa transférabilité pour déterminer la série d'effets probables des nouveaux projets proposés dès les tout premiers stades de leur évaluation ; et son applicabilité pour améliorer encore les modèles et les méthodes de prévision des effets économiques.

Constatations ressortant des études de cas *ex post*

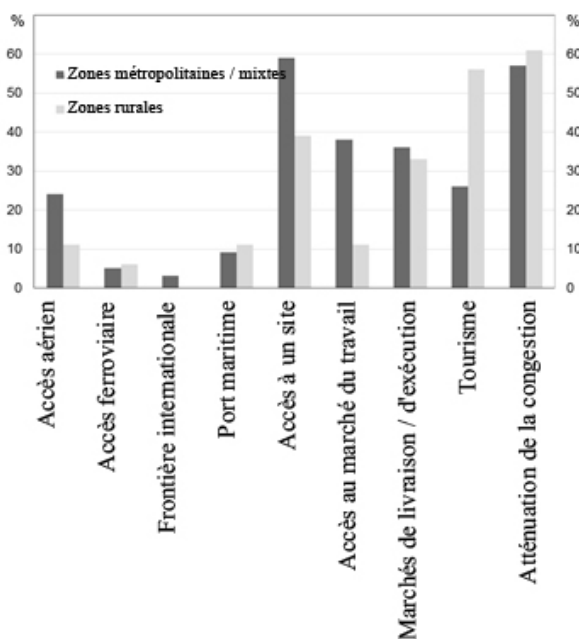
Le deuxième de nos trois attributs d'évaluation est le *réalisme*. Si l'on veut que les processus d'évaluation ou d'examen préalable soient utilisables dans la pratique pour hiérarchiser et sélectionner des projets, il faut qu'ils permettent de faire apparaître les différences entre les effets ou les avantages potentiels d'options concurrentes, différences liées au type de projets, au type de contextes et aux catégories d'avantages qui en résultent. Ces différences peuvent effectivement être observées à partir d'études de cas *ex post*. Les grands types de constatations auxquels on est parvenu concernant les effets des projets (incidence et taux) sur la croissance de l'investissement entrant, de l'emploi et des revenus sont décrits ci-après. Toutes ces constatations découlent d'une analyse empirique de la base de données TPICS (EDR Group, 2012), à laquelle s'ajoutent quelques exemples et illustrations tirés des autres études citées plus bas.

- Le type de projet a son importance. Certains projets sont élaborés dans le but de permettre et de générer des effets plus larges sur le développement économique, tandis que d'autres sont conçus pour remédier à des défauts de sûreté, répondre à des préoccupations environnementales, modifier des aménagements fonctionnellement obsolètes ou permettre la maintenance et la rénovation d'installations. De façon générale, seuls les projets qui visent à améliorer le coût pour l'utilisateur, l'accès à des marchés ou la qualité de la desserte territoriale ont des chances de permettre une croissance économique plus large (mesurée en emplois et en revenus). Il est vain de gaspiller des ressources à analyser les autres types de projets de transport pour y rechercher des preuves *ex post* d'effets plus larges sur le développement économique, et il serait tout aussi vain d'escompter ces mêmes effets lors des prévisions *ex ante* des avantages de ces autres projets.
- Les avantages ne concernent pas nécessairement les seuls voyageurs existants. Plus de la moitié des projets portant sur la capacité des réseaux routiers ont aussi pour but d'améliorer l'accessibilité future des marchés du travail et des marchés des acheteurs et des fournisseurs, ou la qualité de la desserte de terminaux intermodaux. Ces projets soutiennent effectivement la croissance de futures activités économiques (possibilités de croissance de l'emploi et des revenus) et ne sont pas une simple source de gains pour les activités de voyage ou de transport existantes. De ce fait, l'évaluation *ex ante* des avantages des projets doit prendre en compte le

rôle d'un accès élargi aux marchés (ainsi que d'une amélioration de la qualité de desserte intermodale et de la fiabilité) comme facteur de gains de productivité et d'accroissement des investissements entrants (Graphique 4.3).

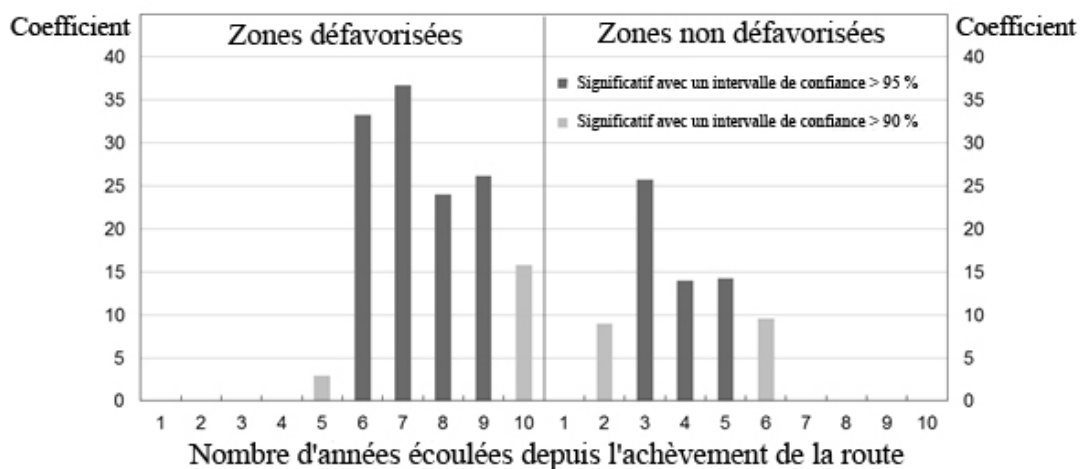
- Les périodes d'effet peuvent varier substantiellement. Les effets plus larges sur le développement économique peuvent prendre dix ans ou plus pour se produire. Leur rythme d'apparition dépend également du contexte local ; souvent, ils mettent plus de temps à se manifester dans des zones économiquement défavorisées (Graphique 4.4). C'est pourtant dans ces zones qu'ils sont parfois les plus souhaités et les plus nécessaires. La prédiction *ex ante* des avantages d'agglomération et des effets plus larges sur le PIB doit tenir compte de ce décalage dans le temps.
- Le contexte et les conditions locales déterminent également les effets observés sur le développement économique. Bien que seuls les projets qui devaient normalement agir sur le développement économique aient été étudiés, on a constaté que 15 % d'entre eux environ n'avaient eu aucun effet net ou avaient eu un léger effet négatif sur l'économie du territoire. L'absence d'avantage était souvent corrélée à un climat des affaires déprimé, caractérisé par un manque de règlements locaux porteurs (zonage), d'infrastructure de services collectifs et de politiques d'appui financier. Cette situation se retrouvait plus souvent dans les zones rurales. Dans l'idéal, les prévisions *ex ante* des effets escomptés sur le développement économique devraient aussi être susceptibles d'ajustement, afin de permettre la prise en compte des facteurs d'appui locaux.
- La concentration des bénéficiaires a son importance. Il est particulièrement difficile d'observer les effets plus larges sur le développement économique des projets qui réduisent les goulets d'étranglement. Les réductions de temps de parcours et de coût qui leur sont associées peuvent souvent être définies de façon particulièrement nette, mais leurs avantages en termes d'accès aux marchés sont généralement dispersés et dilués. Il faut donc être prudent dans l'attribution des avantages économiques liés à l'amélioration de l'accès aux marchés, à moins qu'il n'existe effectivement une zone d'implantation des entreprises que les améliorations prévues dans le projet rendent nettement plus accessible.
- On peut observer l'incidence des effets liés à un pôle d'activité local, ainsi que les conditions qui les rendent possibles. Les études de cas ont étayé les effets des projets de nouvelles routes et de transports en commun sur plusieurs types de pôles : 1) les pôles formant une chaîne d'approvisionnement le long de couloirs routiers, 2) les pôles logistiques centralisés au croisement de plusieurs grandes routes interurbaines, 3) les pôles de développement logiciel et ceux regroupant des technologies émergentes, qui s'implantent dans des zones bien desservies par les transports en commun de grandes villes dotées d'une université orientée vers la recherche, 4) les pôles industriels qui se créent près des grands terminaux de transport intermodaux (air, rail) et 5) les pôles spécialisés dans la banque, la finance et les sièges d'entreprise, implantés dans de grands marchés bien desservis par des liaisons aériennes internationales et des services de transport en commun fonctionnant correctement de façon générale. Tous ont une caractéristique commune, à savoir une dépendance à l'égard des facteurs de taille de marché et de connectivité des réseaux. Des exemples sont présentés dans l'encadré 1 ci-après. Il est à noter que ces exemples mettent en lumière les mêmes éléments – accès spécialisé, qualité de desserte et fiabilité – que ceux listés dans le Tableau 4.1 dans le groupe de facteurs de notation stratégiques, liés à la productivité.

Graphique 4.3. Justifications des investissements routiers



Source : Economic Development Research Group, 2012.

Graphique 4.4. Décalage dans le temps des effets sur la croissance économique d'investissements routiers



Note : L'étude couvrait les investissements routiers des 13 États de la région des Appalaches. Les valeurs portées en ordonnées sont les coefficients de régression normalisés.

Source : Cambridge Systematics et al., 2008 (pp. B-17 et B-18).

Encadré 4.1. Exemples de pôles d'activité décrits dans les études de cas *ex post*

Un pôle formant une chaîne logistique automobile s'est développé sur 200 km le long des routes I 65 et I 75 dans une zone rurale du Kentucky et du Tennessee. Les limites spatiales du pôle et son mode d'implantation le long d'un couloir font écho aux contraintes d'une livraison par camion avec retour le même jour, d'une technique d'approvisionnement à flux tendus et de processus de production juste à temps. L'établissement en zone rurale optimise l'accès à de multiples marchés urbains et réduit au maximum les sites de congestion locale. L'implantation échelonnée et largement rurale des différentes activités du pôle traduit une volonté d'opérer dans des zones où le coût de la main-d'œuvre est faible (Rosenfeld, 2000 ; Vadali et Chandra, 2014).

Un pôle d'entreposage centralisé de marchandises destinées à la distribution s'est créé au croisement de deux routes principales avec l'axe I 81 dans la région de Scranton et Harrisburg, en Pennsylvanie. Cet axe nord-sud, emprunté par les camions, évite le couloir beaucoup plus encombré de la route I 95. Les deux sites fournissent un accès est-ouest pour des livraisons dans la journée plus fiables à partir de très gros entrepôts centralisés, de façon à desservir simultanément quatre zones métropolitaines importantes : Baltimore, Philadelphie, New York et Washington DC. L'entreposage centralisé est un procédé relativement récent qui exploite les technologies de l'information et les économies d'échelle pour offrir des stratégies d'approvisionnement à forte rotation et maximiser la productivité (FHWA, 2012 ; TPICS, 2013).

Des pôles de développement logiciel se sont installés le long des lignes de transport ferroviaire dans les anciens quartiers des entrepôts de San Francisco et Boston. Les deux pôles sont implantés dans des villes qui disposent d'un marché du travail très important et divers, dont la main-d'œuvre présente un niveau d'instruction élevé. Ils se trouvent à proximité de stations de transport en commun qui permettent d'accéder aux aménités de la ville, à de grandes universités dotées de programmes de R D dans le domaine technologique ainsi qu'à un aéroport international (EDR Group, 2013b).

Will County, dans l'Illinois, accueille un pôle logistique intermodal. Ce parc industriel installé au sud de la zone métropolitaine de Chicago fournit aux industriels manufacturiers du Midwest un accès routier (via les routes I 80 et I 55 et le boulevard périphérique extérieur de Chicago I 355). Il jouxte un terminal ferroviaire intermodal où les produits acheminés par camion peuvent être transférés dans des trains de marchandise reliant directement des ports de la côte ouest, Los Angeles, Long Beach et Seattle-Tacoma, lesquels desservent les routes commerciales asiatiques. Ce pôle est utilisé pour importer dans cette région des États-Unis des produits électroniques et des biens de consommation en provenance d'Asie et exporter vers ce continent des produits agricoles régionaux (TPICS, 2013).

Ces études de cas *ex post* de pôles d'activité organisés autour des transports ont quelques caractéristiques communes : les pôles sont spatialement distincts, ils réunissent tous des types d'activité hautement spécialisés et présentent tous une forte connectivité avec des marchés plus larges (marchés du travail, marchés du fret ou installations de transport intermodales selon le type de pôle). Dans chaque cas, on peut également observer que le pôle s'est développé dans un secteur particulier de l'économie parce que les améliorations des transports permettaient l'utilisation de nouvelles techniques telles que la livraison à flux tendus, l'entreposage centralisé et des processus collaboratifs de développement logiciel. Autrement dit, ils s'appuient sur le renforcement de la taille de marché et de la qualité de la desserte territoriale, mais sont également hautement spécialisés, propres à un secteur et relativement rares ailleurs. En conséquence, les avantages liés au lieu d'implantation peuvent être observés et mesurés, mais ne peuvent pas nécessairement être présumés applicables plus largement à d'autres secteurs ou d'autres territoires. Le corpus d'études de cas *ex post* fournit une base aux modèles des effets sur le développement économique, qui estiment les grandes variations de croissance des revenus, à condition toutefois que certaines combinaisons de facteurs soient réunies.

On ne trouvera ici aucun exemple de pôles de vente au détail ni de pôles commerciaux. Ces projets déplacent le lieu où les résidents locaux dépensent leur argent et ne constituent aucunement une source de nouveaux revenus pour l'État fédéré, aussi les modèles économiques régionaux montrent-ils

généralement que les projets de ce type ne génèrent aucune croissance nette des revenus à l'échelle de l'État. Ils n'influent pas sur les facteurs stratégiques ni sur les facteurs d'effet économique utilisés dans les systèmes de notation multicritère des ministères des Transports des États (Tableau 4.1) et ne sont donc notés comme prioritaires que lorsqu'ils appuient les objectifs de politiques publiques visant à revitaliser des zones économiquement défavorisées ou à susciter un aménagement interstitiel.

Les études de cas *ex post* publiées permettent de conclure que les effets sur l'accès aux marchés représentent bien davantage que de simples économies d'échelle. Plus fondamentalement, ces effets permettent l'apparition de nouvelles formes d'activité économique, la mise en œuvre de nouvelles techniques ou technologies et la concrétisation d'objectifs stratégiques de l'action publique.

Émergence d'éléments probants sur les seuils

Le dernier de nos trois attributs d'évaluation est l'*exactitude*. Pour plus d'exactitude, une évaluation *ex ante* doit être en mesure de distinguer les projets qui aboutiront à des effets observables et combleront des lacunes et des besoins locaux critiques, de ceux qui produiront des avantages moins spectaculaires et plus dilués. À cet égard, l'*analyse factuelle* peut être nettement supérieure à des modèles *ex ante* théoriques lorsque les processus de planification et de décision nécessitent que l'on estime les avantages et les effets escomptés des projets. La raison en est que l'analyse factuelle d'études de cas peut rendre compte à la fois des effets d'interaction et des effets catalyseurs liés à des seuils d'avantages. Elle diffère en cela des modèles théoriques qui appliquent le plus souvent une élasticité, un coefficient et des facteurs de majoration constants et font l'hypothèse de compensations réciproques constantes entre des éléments indépendants de coût et d'avantages.

De fait, l'utilisation de notations multicritères fait qu'il est encore plus nécessaire de distinguer les composantes de la productivité, qui peuvent comprendre les effets d'une amélioration de la fiabilité et de l'accès à des marchés du travail et à des marchés clients plus grands ainsi qu'à des terminaux intermodaux ouvrant sur d'autres marchés, encore plus vastes. Le besoin d'études examinant ces éléments individuels de productivité s'en est trouvé renforcé. Nombre d'entre eux ont été passés en revue dans une analyse des travaux antérieurs menée dans le cadre de l'étude des effets sur la productivité du National Cooperative Highway Research Program (NCHRP, programme national de recherche en coopération sur les routes) (EDR Group et al., 2013a).

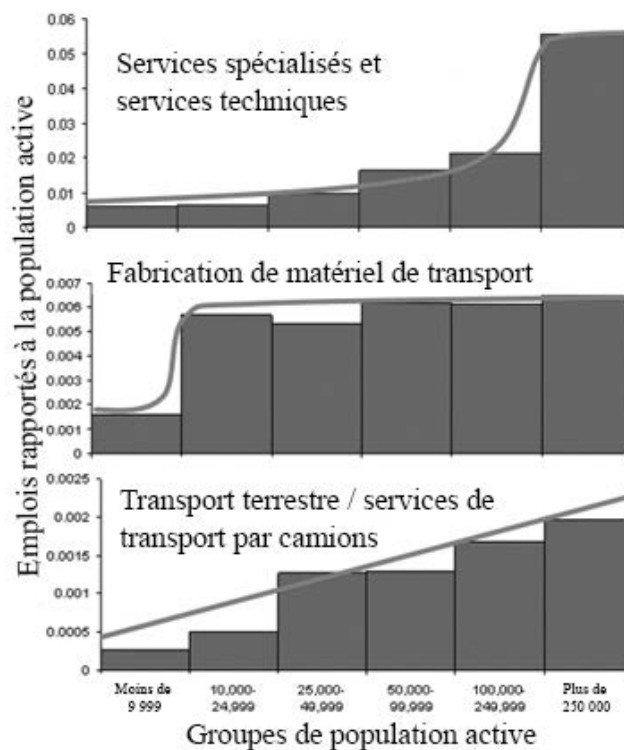
Cinq types d'effets de seuil ont été isolés et mesurés suite à des évaluations *ex post* et à d'autres études statistiques : a) effets d'échelle sur le marché du travail, b) seuils de durée des déplacements pendulaires, c) seuils de taux d'activité, d) seuils de livraison régionale par camion et e) seuils de temps d'accès à un terminal intermodal. Les constatations relatives à ces cinq types de seuils sont résumées ci-après.

Seuils de taille du marché du travail

L'une des constatations découlant d'une série d'études financées par l'Appalachian Regional Commission est que la concentration de secteurs particuliers dans une zone du marché du travail variera en fonction de la taille globale de ce marché du travail (EDR Group et al., 2007). Cet effet de la taille du marché du travail est indépendant des conditions de transport à l'intérieur de la zone considérée. Comme le montre le Graphique 4.5, certains secteurs (comme la fabrication de matériel de transport) ont des besoins de formation et d'instruction des travailleurs relativement modestes et peuvent donc exister sur tous les marchés du travail à l'exception des plus petits – c'est-à-dire sur tous ceux qui comptent au moins 10 000 travailleurs ; ils n'enregistrent aucun gain supplémentaire si le marché est plus important. À l'autre extrémité, les services spécialisés et les services techniques, qui exigent des compétences plus pointues, tendent à gagner en productivité et à se concentrer sur les très grands marchés du travail (plus de 250 000 travailleurs) où la taille de la clientèle est suffisante et où la probabilité de trouver du

personnel possédant les compétences recherchées est plus forte. Dans d'autres secteurs, comme les services de transport, le phénomène de concentration augmente parallèlement à la croissance du marché du travail, ce qui traduit des économies d'échelle continues, mais nul besoin de clientèle ou de personnel spécialisés qui nécessiterait une taille minimale de marché du travail (Graphique 4.5).

Graphique 4.5. Concentration relative de certains secteurs en fonction de la taille du marché du travail



Source : EDR Group et al., 2007.

Tableau 4.2. Sensibilité de certains secteurs aux mesures facilitant l'accès

SCIAN	Description du secteur	Sensibilité aux mesures facilitant l'accès (échelle de 1 à 10)			
		Marché dans un rayon de 40 min	Marché dans un rayon de 3 h	Aéroport commercial	Terminal ferroviaire intermodal
111	Cultures agricoles	3	5	0	3
112	Élevage	0	5	0	3
113	Foresterie et exploitation forestière	5	0	2	0
114	Pêche, chasse et piégeage	0	3	0	3
115	Soutien à l'agriculture et à la foresterie	3	0	0	0
211	Extraction de pétrole et de gaz	0	0	0	0
212-213	Extraction minière et activités de soutien	3	0	4	5
221	Services publics	5	0	3	5
230	Construction	8	5	7	8
311	Produits alimentaires	3	0	0	0
312	Boissons et produits du tabac	10	0	0	3
313	Usines de textiles	5	5	2	3
314	Usines de produits textiles	5	10	0	0
315	Fabrication de vêtements	5	5	0	0
316	Produits en cuir et produits analogues	5	3	2	5
321	Produits en bois	0	5	0	5
322	Fabrication du papier	0	5	0	5
323	Impression et activités connexes	10	10	7	0
324	Produits du pétrole et du charbon	6	0	0	0
325	Fabrication de produits chimiques	5	3	4	3
326	Produits en plastique et en caoutchouc	8	10	0	3
327	Produits minéraux non métalliques	5	5	2	0
331	Première transformation des métaux	3	5	4	0
332	Produits métalliques	10	5	2	0
333	Fabrication de machines	0	5	2	0
334	Produits informatiques et électroniques	3	5	2	3
335	Matériel et appareils électriques	0	10	3	0
336	Matériel de transport	5	5	3	3
337	Meubles et produits connexes	5	10	3	0
339	Activités diverses de fabrication	5	5	3	0
420	Commerce de gros	10	0	3	0
441-454	Commerce de détail	8	3	3	5
481-487	Transport	5	0	3	0
	Services postaux, messageries et entreposage	10	0	2	3
491-493	Édition (sauf par Internet)	10	0	10	0
511	Film et enregistrement sonore	10	3	9	0
512	Radiotélévision	10	0	5	0
	Internet et services de traitement de données	8	3	5	0
514	Activités monétaires, financières et de crédit	10	0	3	0
521-523	Sociétés d'assurance	10	3	5	0
524	Fonds et autres instruments financiers	5	5	5	0
525	Services immobiliers	10	0	7	0
531	Services de location et de location à bail	10	0	5	0
	Services professionnels, scientifiques et techniques	10	3	10	0
541-551	Services administratifs et services de soutien	5	0	10	0
561	Services de gestion des déchets et d'assainissement	3	5	3	0
562	Services d'enseignement	10	5	3	0
611	Soins de santé et services sociaux	8	0	0	0
621-624	Loisirs et divertissement	5	0	10	0
711-713	Hébergement, restauration et débits de boissons	5	0	7	0
721-722	boissons	5	0	7	0
811-812	Réparation, entretien et services personnels	5	0	7	0

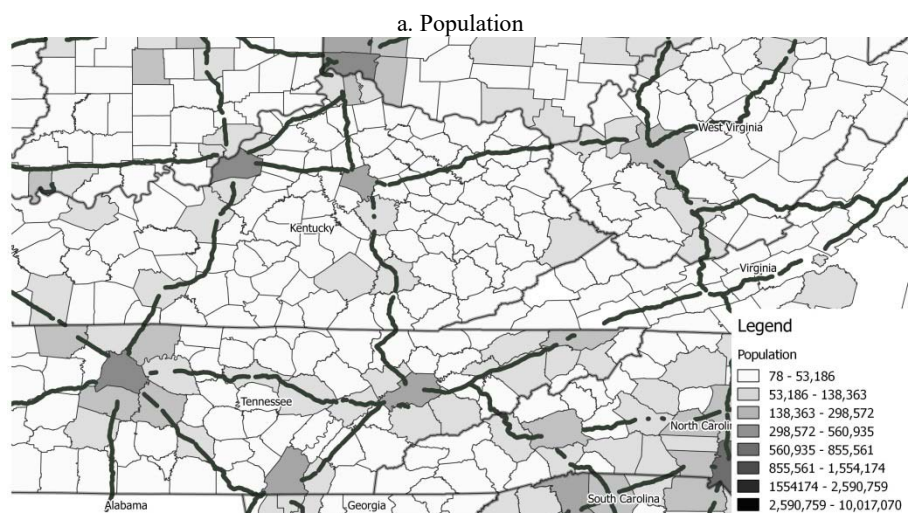
Source : Alstadt et al., 2012.

Seuils de livraison régionale par camion

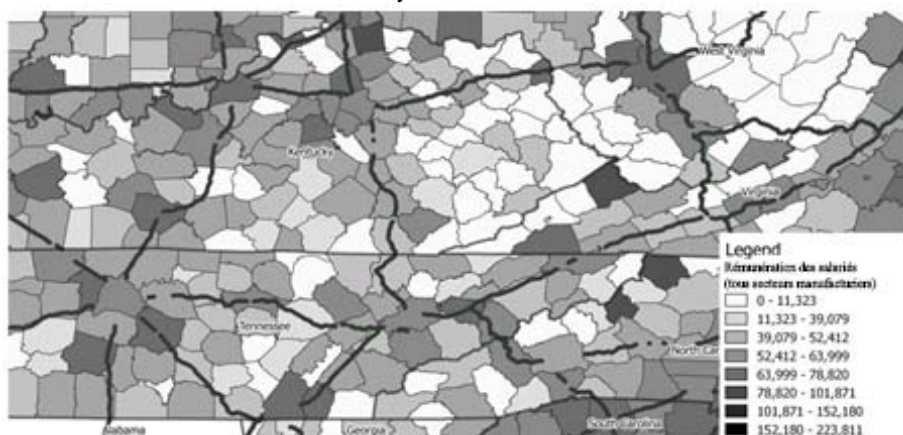
Les livraisons par camion sont naturellement sujettes à des effets de seuil liés à la fois aux règlements sur le nombre d'heures de conduite quotidienne et aux heures de fonctionnement des entreprises. La limite de la zone dans laquelle il est possible de livrer des biens et des services en faisant l'aller et le retour dans la même journée se trouve à trois heures environ du lieu d'origine. Cette approximation se fonde sur une durée de fonctionnement de huit heures, en comptant trois heures pour chacun des voyages, aller et retour, plus une heure au point de départ et une heure au point d'arrivée pour le chargement et le déchargement. Les études statistiques confirment que les entreprises manufacturières s'implantent généralement dans les endroits qui maximisent la taille du marché qu'elles pourront approvisionner par camion dans la journée plutôt que dans ceux où l'accès au marché du travail est maximal. Cela traduit un souhait d'optimiser les chaînes logistiques. Il en résulte que la rémunération des travailleurs comme le niveau de concentration géographique des entreprises manufacturières tendent à croître avec la taille des marchés permettant des livraisons par camion en trois heures, ce qui indique clairement un effet de seuil et un effet sur la productivité.

Cette constatation est démontrée par l'analyse statistique de la relation entre la concentration sectorielle dans un district et les différents indicateurs d'accès au marché et de qualité de desserte intermodale à partir de l'agglomération principale de ce district (Tableau 4.2). Les nombres les plus élevés et les fonds les plus sombres signalent une relation plus forte ; on montre que la notion de marché de fret à trois heures de distance au maximum est surtout importante pour les secteurs manufacturiers (Alstadt et al., 2012). Le Graphique 4.6 illustre l'effet sur les salaires en présentant la zone dans laquelle les fournisseurs de pièces automobiles se regroupent ; on peut voir en outre que les salaires du secteur manufacturier ne sont pas élevés seulement dans les agglomérations, mais aussi le long des couloirs routiers qui relient celles-ci.

Graphique 4.6. **Concentration de population et niveaux de salaire du secteur manufacturier dans les districts du centre des Appalaches**



b. Salaire annuel moyen dans le secteur manufacturier

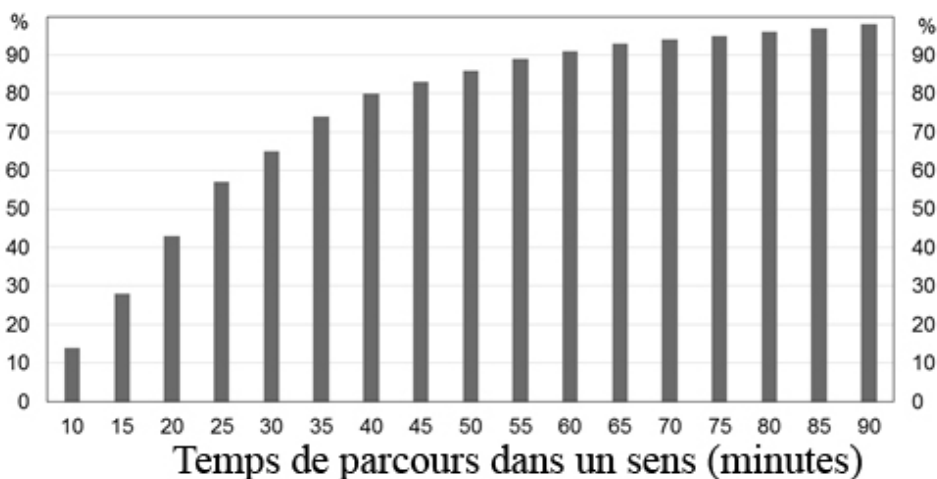


Source : Analyse de l'auteur, d'après US Census et Bureau of Labor Statistics, 2010-2013.

Seuils de durée des déplacements pendulaires

Bien que le temps de parcours domicile-travail puisse grandement varier à l'intérieur d'un marché du travail, il existe des seuils de durée de ces déplacements qui témoignent du fait que les travailleurs pendulaires préfèrent éviter les très longs trajets. La plupart des études de planification font l'hypothèse d'une valeur de seuil comprise approximativement entre 30 et 45 minutes. L'American Community Survey vient appuyer cette interprétation, indiquant que deux tiers des navettes quotidiennes aux États-Unis sont inférieures à 30 minutes, 80 % sont inférieures à 40 minutes et 90 % sont inférieures à 55 minutes (Graphique 4.7). Dans les collectivités de petite et moyenne tailles, toutefois, le temps de conduite ne dépasse généralement pas 40 minutes dans l'ensemble du bassin d'emploi métropolitain, aussi l'effet économique d'une réduction des temps de parcours pendulaires ne prend-il une importance significative que dans les pôles métropolitains les plus vastes.

Graphique 4.7. **Distribution des durées de déplacement pendulaire** (pourcentage cumulé)



Source : American Community Survey, 2009.

Seuils de taux d'activité

On a émis l'hypothèse que les améliorations des transports pourraient renforcer le taux d'activité en attirant davantage de travailleurs sur le marché du travail. Les études *ex post* ne fournissent que peu de données d'observation attestant de ces effets aux États-Unis. Seules font exception les zones rurales où le chômage est élevé ; dans ces zones, en effet, quelques données prouvent que l'activité augmente quand des emplois supplémentaires sont créés (Bradley, 2000 ; EDR Group, 2007).

Seuils de temps d'accès à un terminal intermodal

Dans les secteurs qui ont besoin d'envoyer des travailleurs sur des marchés externes ou de recevoir des clients en provenance de ces marchés, l'accès à un grand aéroport présente un réel intérêt. Dans d'autres secteurs où les échanges de marchandises jouent un rôle essentiel, qu'il s'agisse de se faire livrer des pièces ou d'expédier des produits finis, c'est l'accès à de grands ports, à des terminaux ferroviaires intermodaux ou à des aéroports de fret qui prime. Ainsi, une étude statistique de la concentration géographique relative des secteurs dans différents districts des États-Unis a montré qu'un temps de parcours faible pour se rendre dans un grand aéroport est un facteur capital déterminant l'implantation d'une entreprise dans deux familles de secteurs : a) le tourisme et les services de conférence (y compris les loisirs, l'hébergement et la restauration) et b) la finance et les services spécialisés et techniques, dans lesquels le nombre de voyages d'affaires du personnel est élevé (voir Alstadt et al., 2012 ; et le Tableau 4.2 ci-dessus).

Utilisation des constatations ressortant des études de cas et des analyses empiriques

Adaptation des constatations d'analyse empirique *ex post* pour éclairer les modèles de prévision d'effets économiques

Les constatations ressortant des études de cas et autres analyses empiriques des éléments de productivité indiquent que les effets réels peuvent être tantôt plus forts tantôt plus faibles que ceux qui pourraient être prédits en appliquant des facteurs constants de modélisation fondés sur les moyennes nationales. Les caractéristiques des projets – telles que le type d'accès, la qualité de desserte ou la variation de fiabilité – auront une importance pour certaines catégories de secteurs. Les facteurs locaux, en particulier ceux liés à la répartition sectorielle et au contexte des projets, aideront à déterminer les secteurs concernés. Les caractéristiques des projets et les facteurs locaux interagissent, ce qui augmente ou diminue de façon significative les effets de certains projets par rapport à ce à quoi l'on pourrait s'attendre. Les méthodes d'analyse économique régionale peuvent intégrer ces aspects dans la prédiction des effets sur la croissance de l'investissement, de l'emploi et des revenus.

Les deux systèmes de modélisation économique régionale largement utilisés par les ministères des Transports des États fédérés des États-Unis pour hiérarchiser les projets et évaluer les principaux d'entre eux ont été actualisés ces dernières années de façon à tenir compte de ces facteurs. Aussi bien le modèle TranSight de REMI que le système TREMIS intègrent désormais les notions de « géographie économique » et présentent des entrées distinctes pour les variations de l'accès au marché local *du travail / des déplacements pendulaires* et de l'accès au marché régional *du fret*, aux côtés des effets classiques liés à la réduction des temps de parcours et du coût des déplacements. (Le second modèle cité

comprend également des entrées pour les variations de l'accès à des terminaux intermodaux.) Les effets d'ordre *logistique* préoccupant au plus haut point les ministères des Transports des États, ces modèles examinent aussi comment la fiabilité des livraisons agit sur la compétitivité des entreprises. Les entrées dans les deux systèmes comprennent les variations induites par les projets des caractéristiques des déplacements et de celles de l'accessibilité ; les deux systèmes examinent ensuite comment différents secteurs évaluent ces variations et réagissent en retour. Le Tableau 4.3 présente les variables d'entrée du transport pour un système de ce type. En conséquence, les caractéristiques de l'économie locale jouent un rôle majeur dans la prédiction des effets économiques par les modèles. Comme ces systèmes utilisent des formules multirégionales de type EGC, ils estiment également les variations dans le temps des flux d'exportations nationales et internationales, des flux d'investissements entrants, de l'offre et de la demande de main-d'œuvre et des taux de salaire. Tous deux présentent aussi les effets budgétaires (recettes des administrations).

Il y a dix ans, les ministères des Transports des États fédérés ne disposaient pas de modèles économiques régionaux de ce type (intégrant des facteurs d'accessibilité spatiale et de fiabilité commerciale). L'élaboration et l'utilisation de ces modèles pour éclairer les procédures de hiérarchisation et d'évaluation appliquées par ces ministères sont le résultat direct des analyses factuelles effectuées principalement pour comprendre les facteurs comportementaux intervenant dans la croissance de l'activité des entreprises. Outre qu'ils offraient la possibilité de distinguer plus finement les effets de projets de transport concurrents, ces modèles ont eu pour conséquence d'étendre la définition des effets sur le PIB à d'autres éléments : logistique, chaîne d'approvisionnement, croissance des exportations et investissements entrants.

Tableau 4.3. Liste des variations en matière de transport utilisées en entrée des modèles économiques

Facteurs de coût généralisé par mode (automobile, camion, transport en commun, train, avion, bateau, vélo), objet du déplacement et période	Caractéristiques de l'accessibilité par mode (automobile, camion, transport en commun, train) et période
<ul style="list-style-type: none"> • Déplacements • Temps de parcours passé dans le véhicule, véhicules-heures de déplacement • Temps d'attente / de retard sur l'horaire • Temps de parcours passé hors du véhicule • Véhicules-miles parcourus (VMT) • Congestion (VMT dans les encombrements ou marge de temps en pourcentage) • Occupation des véhicules • Prix du billet / redevance / péage – par personne, par véhicule ou par mile ou km 	<ul style="list-style-type: none"> • Marché local* des déplacements domicile-travail (automobile et transport en commun uniquement) • Marché local* de la livraison de biens et services (camion uniquement) • Marché régional* des déplacements de passagers avec retour le même jour (car / bus et transport ferroviaire de passagers uniquement) • Marché régional* du fret avec retour dans la même journée (camion uniquement) • Accès longue distance : temps de trajet jusqu'à l'aérogare de fret (camion uniquement) • Accès longue distance : temps de trajet jusqu'à l'aérogare passagers (automobile et transport en commun) • Accès longue distance : temps de trajet jusqu'aux installations intermodales de fret ferroviaire (camion uniquement) • Accès longue distance : temps de trajet jusqu'à la gare ferroviaire passagers (automobile et transport en commun) • Accès longue distance : temps de trajet jusqu'au port maritime de marchandises (camion et fret ferroviaire)

Note : * On parle de marché local pour désigner la zone située dans un rayon de 40 à 50 minutes de temps de parcours ; de marché régional pour désigner celle située dans un rayon de 3 heures (ce qui permet un aller-retour dans la journée).

Source : www.tredis.com/resources/tech-docs

Application de modèles de prévision des effets économiques pour éclairer l'évaluation *ex ante* des projets

En plus d'être utilisés pour hiérarchiser les projets des ministères des Transports des États fédérés, les modèles estimant les effets économiques régionaux sont également appliqués dans les études *ex ante* pour étayer l'« analyse des options » des principaux projets d'investissement. Dans tous les cas de ce type, ils viennent en complément de l'analyse coût-avantages (ACA) et de l'analyse des effets financiers (AEF). Ils ont pour principal objet d'aider à évaluer la réalisation des objectifs stratégiques de développement économique et de montrer comment les effets sur la croissance sectorielle devraient se faire sentir dans l'espace, dans le temps et sur les composantes de l'économie. (Wang, 2012, donne une vue d'ensemble de cette même question dans le contexte australien.)

Il existe des exemples d'applications de ce type à travers les États-Unis, le Canada et l'Australie. Trois exemples d'études publiées d'analyse des options combinant AEE, ACA et AEF sont présentés ci-après. Dans chaque cas, les aspects d'accès au marché et de qualité de desserte du projet ainsi que leurs effets plus larges sur le développement économique ont été estimés à l'aide d'un modèle économique. Vous trouverez chacun des exemples ci-après, avec une brève description de son objectif stratégique de développement économique et des références pour plus d'information.

- Le North Beaches BRT (transbus des plages du nord) proposé par Transport for NSW à Sydney (Australie) visait à relier Global Arc, la zone en plein essor consacrée à la haute technologie, un nouveau centre médical et le centre de Sydney (Weisbrod, Mulley et Hensher, 2015).
- Le King-Main LRT (transport léger sur rail) proposé par Metrolinx et la province de l'Ontario à Hamilton (Canada) avait pour objectif d'améliorer la liaison entre l'université McMaster et le centre de Hamilton et de soutenir le service secondaire de la ligne ferroviaire de banlieue allant à Toronto (Steer Davies Gleave, 2010).
- Le nouveau pont sur la rivière Ohio, entre l'Indiana et le Kentucky, proposée par l'Indiana Finance Authority et le Kentucky Transportation Cabinet visait à relier Riverport, une nouvelle zone industrielle, à « WorldPort », la plateforme de traitement du fret d'UPS de l'aéroport international de Louisville (Weisbrod et Duncan, 2015).

L'approche consistant à combiner une analyse des effets économiques avec une analyse coût-avantages et une analyse des effets financiers, et ce de façon cohérente, présente trois avantages potentiels. Tout d'abord, elle permet de prendre en compte des considérations économiques, stratégiques et financières et de les présenter de façon plus globaliste. Elles peuvent être examinées ensemble, au moyen d'une évaluation à catégories multiples formelle ou lors de débats sur l'action à mener. Ensuite, cette approche combinée peut aussi être plus satisfaisante pour les décideurs, car elle répond aux trois critères définis au début de ce chapitre : la pertinence (alignement de l'évaluation sur les objectifs), le réalisme (représentation du rôle des conditions et du contexte des projets) et l'exactitude (description des effets par rapport aux besoins et aux lacunes). Enfin, elle permet d'examiner les moyens par lesquels les projets peuvent servir les objectifs publics, à savoir atteindre un niveau acceptable d'efficacité, d'équité et d'action stratégique.

L'idée de demander que ces multiples formes d'analyse économique soient réalisées ensemble et de façon coordonnée n'est certainement pas nouvelle. Ainsi, le document de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA, Environmental Protection Agency) intitulé « Guidelines for Preparing Economic Analyses » (Lignes directrices relatives à la préparation des analyses économiques) indique : « Pour la plupart des applications pratiques, une analyse économique complète se compose donc d'une ACA, d'une AEE et d'une évaluation de l'équité. » (EPA, 2010, p. 1-5). Il précise

également : « Pour toute réglementation, il est essentiel de veiller à la cohérence entre l'AEE et l'ACA. Si une ACA est menée, l'AEE correspondante doit être conduite à partir du même ensemble d'hypothèses d'analyse. » (EPA, 2010, p. 9-2).

Conséquences pour les systèmes de comptabilisation des avantages et d'aide à la décision

Forces et faiblesses de l'analyse *ex post* et des méthodes d'aide à la décision fondées sur des données probantes

À l'origine, la compilation d'études de cas *ex post* aux États-Unis et la place centrale que ces études accordent aux résultats économiques (plutôt qu'à l'exactitude des prévisions en matière de transport) ont été motivées par le souhait de démontrer plus facilement aux politiciens la valeur d'un investissement dans le transport. Outre les exemples des effets positifs du financement de projets de transport qu'elles ont contribué à produire, les études de cas ont aussi suscité l'intérêt du public, curieux de voir comment les investissements dans les transports rendaient possibles de nouveaux procédés technologiques et la création de pôles sectoriels et de flux de marchandises (routes commerciales). Le sujet a éveillé l'attention de certains ministères des Transports d'États fédérés, intéressés par l'idée de sélectionner plus finement les projets qui ont une importance stratégique pour le développement économique parce qu'ils permettent de raccorder certains marchés, centres d'activité et points d'accès intermodaux. Cette orientation a conduit à améliorer les modèles d'effets économiques régionaux, de façon à leur permettre de mieux distinguer les investissements de cette nature des nombreux autres projets de transport dont les conséquences sur le développement économique sont moins décisives.

Tous les facteurs évoqués ci-dessus aident à comprendre l'intérêt croissant des ministères des Transports des États fédérés pour les systèmes de notation multicritère qui intègrent des facteurs liés (directement ou indirectement) aux effets sur la productivité, la qualité de desserte, la fiabilité et l'accessibilité, et, plus largement, au développement économique. Il est évident qu'on peut s'interroger sur le point d'équilibre entre des systèmes de notation de plus en plus complexes qui requièrent le calcul d'indicateurs détaillés, et des systèmes plus simples et directs, moins exigeants, mais peut-être moins susceptibles de faire apparaître les différences entre projets.

Les études de cas *ex post* peuvent aussi être utilisées directement, ce qui pose, bien évidemment, la question de la transférabilité des résultats. La base de données TPICS/EconWorks qui regroupe ces études de cas aux États-Unis offre des outils de recherche et d'interpolation qui peuvent être mal utilisés. Il n'est pas difficile pour les auteurs d'une proposition de projet de souligner les réussites obtenues par le passé et de prétendre qu'elles démontrent la valeur de leur nouvelle proposition. Le seul moyen de limiter ce risque est de recourir en parallèle à des modèles plus évolués d'estimation des effets économiques et d'aide à la décision qui puissent tenir compte des différences de conditions locales et de contexte.

Problèmes de mesure : additionnalité et double comptage

L'un des problèmes récurrents lorsqu'on mesure les effets économiques est celui de l'additionnalité : autrement dit, les effets observés sur la croissance économique représentent-ils une variation nette ou un

simple transfert d'activité ? La plupart des administrations associent un gain nul aux déplacements d'activités à l'intérieur de leur juridiction, mais considèrent les entrées de capitaux et d'investissements comme un gain net. À l'évidence, cette situation devient particulièrement complexe aux États-Unis en raison du triple niveau de financement et de prise de décision en matière de transport – fédéral, étatique et local / métropolitain. Chaque niveau peut en effet envisager le même développement économique de façon différente, et cela a renforcé l'intérêt de distinguer les projets de transport selon qu'ils présentent une importance locale, étatique ou nationale.

Les systèmes de notation multicritère et les modèles d'effets économiques qui ont été étudiés dans ce chapitre sont autant de tentatives pour établir ces distinctions. On peut ainsi se reporter aux systèmes de notation multicritère du Tableau 4.1, qui comprennent des points de notation de projets variés, liés par exemple aux notions de « couloirs clés », de « points d'accès mondiaux », d'« itinéraires de transport de marchandises », de « chaînes d'approvisionnement » et d'« installations intermodales » – autant de moyens de différencier les projets dont l'importance économique couvre une zone plus large. La différenciation se poursuit dans le calcul des effets sur la croissance économique à l'échelle de l'État, à l'aide de modèles. Les modèles économiques utilisés par les ministères des Transports des États fédérés intègrent aussi le plus souvent des moyens de distinguer les déplacements entre régions d'un même État et entre États ainsi que les effets nationaux. Cette discrimination se fait sur la base du point d'arrivée du déplacement. Ainsi, la circulation de transit représente un gain au niveau national, mais peut ne générer que peu d'avantages ou de revenu, voire aucun, pour les habitants de l'État. Des règles font obligation d'évaluer les projets financés par des fonds fédéraux à l'échelle nationale, mais certains États adoptent un point de vue à leur échelon pour évaluer les projets qu'ils financent intégralement.

La question du double comptage est plus difficile à démêler. Le problème fondamental est de savoir si la hiérarchisation ou la sélection des projets pourraient être involontairement biaisées par le fait que certains projets se voient attribuer plus d'avantages qu'ils n'en génèrent effectivement. Dans l'ACA, les rapports avantages/coûts se trouvent faussés si le calcul du total des avantages prend en compte deux ou plusieurs éléments redondants, c'est-à-dire qui rendent compte, au moins partiellement, du même effet. En revanche, ce chevauchement de plusieurs éléments en entrée n'est pas nécessairement problématique pour l'AMC si le système de pondération des critères est ajusté de façon à éliminer l'asymétrie dans le classement.

Le problème qui se pose est que nombre de facteurs de notation multicritère, et des facteurs influant sur les effets économiques plus larges (dans l'AEE), quoique théoriquement distincts les uns des autres, sont le plus souvent significativement corrélés par leur incidence. Il s'agit probablement là d'une conséquence inévitable du fait de combiner des indicateurs de réduction directe du coût pour l'utilisateur avec des mesures des effets liés à l'accessibilité et des effets secondaires sur les secteurs dépendant des transports. Prenons par exemple le cas d'une section de route qui présente un rapport volume / capacité élevé. Le résultat le plus probable sera une circulation ralentie et donc des temps de parcours allongés pour les voyageurs (ce qui constitue un facteur de coût). Cependant, cette situation de congestion peut aussi réduire la fiabilité du temps de parcours, et les expéditions en retard peuvent augmenter les coûts liés au poste de chargement et au stockage pour les expéditeurs et les destinataires du fret (ce qui représente un coût logistique). Si cette situation se répète fréquemment, cela conduira les entreprises à augmenter la marge de temps dans les délais de livraison des biens et des services. Cela peut alors rétrécir la zone commerciale de livraison au départ d'un site donné, ou la densité effective des débouchés accessibles à partir de ce site (ce qui est un facteur d'accessibilité). La route encombrée peut en outre réduire l'accès aux itinéraires de la chaîne d'approvisionnement, aux points d'accès intermodaux et internationaux, et à d'autres facteurs qui font aussi partie, parfois, des notations multicritères. Des effets combinés similaires peuvent se produire si la congestion touche un terminal ferroviaire, les pistes d'un aéroport ou les quais d'un port maritime.

Théoriquement, chacun des éléments mentionnés précédemment correspond à un effet distinct, et l'on peut aussi bâtir des exemples dans lesquels l'un de ces effets se produit à l'exclusion de tous les autres. Dans la pratique, toutefois, ils apparaissent souvent concurremment, aussi est-il impossible d'être certain que les coefficients statistiquement dérivés pour rendre compte de leurs effets neutralisent correctement ces corrélations. Le problème a été étudié dans un guide publié aux États-Unis et traitant de la mesure des effets du transport sur la productivité, et la position qui y était adoptée était que cette corrélation ne se traduit pas nécessairement par un double comptage (Weisbrod et al., 2014). Toutefois, si les recherches dérivent les facteurs d'évaluation ou d'élasticité séparément pour chaque effet sans neutraliser les autres effets corrélés, certains d'entre eux pourraient être sous-estimés ou surestimés.

Une autre question se pose : les effets économiques plus larges sont-ils simplement un moyen de générer des chiffres plus importants que ceux qui, autrement, ressortiraient de l'examen des seuls avantages pour l'usager ? Les faits montrent qu'aux États-Unis, tel n'est pas le cas, car il n'existe pas de corrélation étroite entre les indicateurs d'avantages sociaux dans l'ACA et les effets sur le PIB estimés par les modèles économiques dans l'AEE. Dans la pratique des ministères des Transports des États fédérés, un projet qui génère des économies de temps importantes pour les voyageurs n'aura peut-être que peu d'effet sur l'économie de l'État si la circulation se compose principalement de mouvements de transit. À l'inverse, un projet peut avoir un effet spectaculaire sur l'économie s'il modifie la compétitivité des exportations de l'État.

Exhaustivité et exactitude des composantes des effets

Les études de cas *ex post* et les travaux de recherche associés sur les effets microéconomiques (s'exerçant sur un petit territoire) sont effectivement utiles pour déterminer les voies d'amélioration du classement et de la sélection des projets. Ces voies sont les suivantes :

- Le détail des caractéristiques d'un projet local et le contexte local sont importants. Les caractéristiques de taille et de type de projet peuvent interagir avec celles des conditions locales et influencer sur l'ampleur et la nature des effets en matière de développement économique. Les facteurs de localisation peuvent et doivent donc être examinés dans l'évaluation des projets proposés.
- Les effets sur le développement économique ne se produisent pas nécessairement partout. C'est pourquoi le personnel des ministères des Transports des États accepte généralement les revendications d'avantages économiques plus larges en présence de types spécifiques d'améliorations d'accès et pour des centres d'activité spécifiques. En revanche, il est plus réticent à lancer des études lorsque seuls sont mis en avant des avantages d'agglomération d'ordre général.
- La qualité de desserte interurbaine et celle concernant le fret doivent être prises en compte parallèlement aux effets sur l'accès des passagers. Le fait est que les projets de transport peuvent favoriser une croissance du PIB en permettant non seulement des économies d'échelle, mais aussi l'adoption de nouvelles techniques ou technologies et des déplacements d'activité qui augmentent les exportations nettes. Cette constatation accroît l'importance d'une prise en compte des effets en matière de logistique du transport de marchandises et de connectivité intermodale, un point sur lequel Hoel et al. (2011) insistent également.
- Il existe des valeurs de seuil. Des seuils pratiques de temps de parcours influent sur la taille des marchés du travail, sur les chaînes d'approvisionnement et sur les marchés des voyages d'affaires interurbains. Ces seuils peuvent agir sur la demande de transport de passagers et de marchandises, et sur la capacité des entreprises à mettre en œuvre de nouvelles techniques ou technologies. Par conséquent, la prise en compte des valeurs de seuil fera avancer certains projets vers le haut du classement et en fera reculer d'autres.

- Il existe des décalages. Les effets plus larges (ne concernant pas directement les usagers) sur le développement économique se produisent avec le temps et peuvent parfois prendre plus d'une décennie pour apparaître, selon le type de projet et le contexte local. Il en résulte que ces décalages doivent être intégrés dans les ACA et AEE, faute de quoi les effets escomptés sur le PIB pourraient être surévalués.

Les systèmes de notation multicritère utilisés par de nombreux États fédérés des États-Unis sont une tentative pour mesurer la réalisation de l'objectif stratégique de développement économique parallèlement aux mesures plus classiques des avantages pour l'utilisateur, de façon à pouvoir examiner ces deux aspects simultanément lors de la prise de décision. Par conséquent, ces systèmes sont généralement conçus pour être sensibles aux facteurs explicatifs et aux facteurs de seuil qui se dégagent des études de cas et des études statistiques associées – voir les points de la liste à puces qui précède.

Conclusion

Au final, nous pouvons accéder à une planification plus évoluée et une modélisation réaliste si nous intégrons des facteurs d'effets plus larges dans les cadres décisionnels. On peut, pour ce faire, examiner comment la création de nouveaux liens spatiaux, temporels et redistributifs peut agir sur l'adoption des techniques et technologies et sur les structures d'activité.

Enfin, il apparaît souhaitable d'exploiter des systèmes d'analyse plus larges pour mieux informer les parties prenantes publiques et privées des effets en matière de développement économique. La communication s'améliore lorsque les organismes sont en mesure d'en dire plus sur les avantages et autres effets plus larges susceptibles de se produire, sur le moment où ces effets se feront sentir et sur les personnes que cela concernera. Pour que cela soit possible, il faut réunir davantage de données factuelles *ex post* et mener davantage de travaux de recherche empirique mettant effectivement en commun les constatations auxquels parviennent les différents pays, milieux universitaires et services de conseil.

Références

- Alstadt, B., G. Weisbrod et D. Cutler (2012), « The relationship of transportation access and connectivity to economic outcomes », *Transportation Research Record*, vol. 2297, pp. 154-162, www.edrgroup.com/pdf/Alstadt-et-al-TRR-2012.pdf.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (2010), « User and non-user benefit analysis for highways », NCHRP Project, pp. 2-23.
- American Association of State Highway Officials (1960), « Road user benefit analyses for highway improvements », <http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015006410040;view=1up;seq=9>.
- Bernstein, W. (2008), « A splendid exchange: How trade shaped the world », *Atlantic Monthly Press*.
- Bradley, D., S. Herzenberg et H. Wial (2001), « An assessment of labour force participation rates and underemployment in Appalachia », Keystone Research Center for the Appalachian Regional Commission, www.arc.gov/assets/research_reports/assessmentlaborforceparticipationratesandunderemployment1.pdf.
- Cambridge Systematics et al. (2008), « Economic impact study of completing the Appalachian Development Highway System », prepared for the Appalachian Regional Commission, www.arc.gov/assets/research_reports/EconomicImpactStudyofCompletingADHS.pdf.
- Casson, L. (1994), « *Travel in the ancient world* », Johns Hopkins University Press.
- Department for Transport (UK) (2005), « Transport, wider economic benefits, and impacts on GDP », Discussion paper, <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.dft.gov.uk/pgr/economics/rdg/webia/webmethodology/sportwidereconomicbenefi3137.pdf>.
- Economic Development Research Group (2012), « Interactions between transportation capacity, economic systems and land use », Report S2-C03-RR-1, SHRP2 Program, Transportation Research Board, <http://www.trb.org/Main/Blurbs/166934.aspx>.
- Economic Development Research Group (2013b), « The role of transit in support of high growth business clusters in the U.S. », American Public Transportation Association, www.apta.com/resources/reportsandpublications/Documents/TransitHighGrowthClustersUS-Final2013-1124.pdf.
- Economic Development Research Group (EDR Group) et Cambridge Systematics, (2001), « Using empirical information to measure the economic impact of highway investments », vol.°II: « guidelines for data collection and analysis », Federal Highway Administration, <http://www.edrgroup.com/pdf/fhwa-hwy-impact-vol-2.pdf>.
- Economic Development Research Group et al. (2007), « Sources of growth in non-metro Appalachia », vol.°3, « statistical studies of spatial economic relationships », Appalachian Regional Commission, www.arc.gov/research/researchreportdetails.asp?REPORT_ID=84.
- Economic Development Research Group et al. (2013a), « Economic productivity & transportation investment: task 1 literature review, stakeholder perspectives and framework outline », NCHRP Project pp.°02-24, Transportation Research Board, http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP02-24_Task1LitReview.pdf.

- EPA: US Environmental Protection Agency (2010), « *Guidelines for preparing economic analyses* », mis à jour en 2014, [http://yosemite.epa.gov/ee/epa/erm.nsf/vwAN/EE-0568-50.pdf/\\$file/EE-0568-50.pdf](http://yosemite.epa.gov/ee/epa/erm.nsf/vwAN/EE-0568-50.pdf/$file/EE-0568-50.pdf).
- FHWA: Federal Highway Administration (2012), « Economic development history of I-81 corridor », US DOT, www.fhwa.dot.gov/planning/economic_development/studies/i81pa.cfm.
- GAO: General Accounting Office (1991), « *Designing evaluations.* », Program Evaluation and Methodology Division, GAO/PEMD 10.4.1, mis à jour en 2010, www.gao.gov/assets/590/588146.pdf.
- Hoel, L, G. Giuliano et M. Meyer (dir. pub.) (2011), « Intermodal transportation: moving freight in a global economy », Eno Foundation for Transportation.
- Hufschmidt, M. (2000), « Benefit-cost analysis: 1933-1985 », *Journal of Contemporary Water Research and Education*, vol. 116, <http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1196&context=jcwre>.
- ICF Consulting and HLB Decision Economics (2004), « FHWA freight BCA study: summary of phase II results », Federal Highway Administration, US DOT, www.ops.fhwa.dot.gov/Freight/freight_analysis/bca_study_phase2/index.htm.
- ICF International (2009), « A framework for collaborative decision making on additions to highway capacity », SHRP2 Project C01, Transportation Research Board, <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/shrp2/SHRP2prepubC01.pdf>.
- Kaliski, J., S. Smith et G. Weisbrod (1999), « Major corridor investment-benefit analysis system », *Transportation Research Record*, vol. 1732, www.edrgroup.com/pdf/mcibas.pdf.
- North, D. (1961), « *The economic growth of the United States* », 1790-1860, pp. 157-207, Prentice Hall, NY., <https://archive.org/stream/economicgrowthof00nort>.
- Oscar F./TPA (1993), « The relationship between economic development and transport links, stage 2: economic effects of the M74 northern extension », Glasgow Development Agency.
- Rosenfeld, S., C. Liston, M. Kingslow et E. Forman (2000), « Clusters in rural areas: auto supply chains in Tennessee », Tennessee Valley Authority, http://rtsinc.org/publications/pdf/auto_supply.pdf.
- Shirley, C. et C. Winston (2004), « Firm inventory behaviour and the returns from highway infrastructure investments », *Journal of Urban Economics*, vol. 55, pp. 398-415.
- Steer Davies Gleave (2010), « Hamilton King-Main rapid transit benefits case », préparé pour Toronto Metrolinx, www.metrolinx.com/en/docs/pdf/board_agenda/20100219/Hamilton_BCA_FNL_DRAFT.pdf.
- Thompson, E., D. Rosenbaum et A. Hall (2008), « Evaluating roads as investments: A primer on benefit-cost and economic-impact analyses », University of Nebraska, Bureau of Business Research Publications, n° 5, <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=bbrpub>.
- TPICS (2013), Transportation Project Impact Case Studies, www.tpics.us.
- US DOT (2014), « Notice of funding availability for the Department of Transportation's national infrastructure investments », https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/TIGER%202014%20NOFA_FINAL.pdf.
- Vadali, S. et S. Chandra (2014), « Buyer-supplier transport access measures for industry clusters », *Journal of Applied Research and Technology*, vol. 12, n° 5, pp. 839-849.

- Venables, A., J. Laird et H. Overman (2014), « Transport investment and economic performance: Implications for project appraisal », (UK) Department for Transport, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/386126/TIEP_Report.pdf.
- Volpe Transportation Systems Center (2012), « Criteria used in state DOT long range plans », US DOT, https://www.planning.dot.gov/documents/State_plans_report_508_A.PDF.
- Wang, Baojin (2015), « Estimating economic impacts of transport investments using TREDIS: A case study on a National Highway Upgrade Program », *Australasian Transport Research Forum 2015 Proceedings*, http://atrf.info/papers/2015/files/ATRF2015_Resubmission_180.pdf.
- Weisbrod, G. (2006), « Evolution of methods for assessing economic development impacts of proposed transportation projects », *International Conference on Transportation and Economic Development*, www.edrgroup.com/pdf/weisbrod-evolution-of-methods-ted2006.pdf.
- Weisbrod, G. et al. (2014), « Assessing productivity impacts of transportation investments », National Cooperative Highway Research Program, Report 786, Transportation Research Board, http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_786.pdf.
- Weisbrod, G. et J. Beckwith (1991), « Measuring economic development benefits for highway decision-making: the Wisconsin case », *Transportation Research Record*, vol. 1262, www.edrgroup.com/pdf/wisconsin-hwy-tq.pdf.
- Weisbrod, G. et Simmonds, D. (2011), « Defining economic impact and benefit metrics from multiple perspectives: lessons to be learned from both sides of the Atlantic », *European Transport Conference Proceeding*, www.edrgroup.com/pdf/Weisbrod-Simmonds-ETC-Oct2011R.pdf.
- Weisbrod, G., C. Mulley et D. Hensher (2015), « Recognising the complementary contributions of cost benefit analysis and economic impact analysis to an understanding of the worth of public transport investment: A case study of bus rapid transit in Sydney, Australia », *Proceedings of Thredbo 15 Conference, Santiago, Chile*, www.edrgroup.com/pdf/Weisbrod-Mulley-Hensher-Thredbo14-paper.pdf.
- Wornum, C. et al. (2005), « Montana highway reconfiguration study », Montana Department of Transportation, www.mdt.mt.gov/other/research/external/docs/reconfig/final_report.pdf.
- Worsley, T. et P. Mackie (2015), « Transport Policy, appraisal and decision-making », Institute for Transport Studies, University of Leeds for the RAC Foundation, www.racfoundation.org/assets/rac_foundation/content/downloadables/Transport_policy_appraisal_decision_making_worsley_mackie_mai_2015_final_report.pdf.

Chapitre 5

Intégration des effets économiques plus larges dans l'évaluation coût-bénéfices

Anthony J. Venables¹

Ce chapitre analyse trois grands mécanismes par lesquels les améliorations des transports produisent des effets générant un gain de revenu réel en plus des avantages pour l'utilisateur. Le premier est la densité économique et la productivité, le second est l'investissement privé induit et le changement associé dans l'occupation des sols, et le troisième réside dans les effets sur l'emploi. Il existe des méthodes relativement bien établies pour intégrer le premier et le troisième mécanismes dans l'analyse coût-avantages, nous les étudierons dans ce chapitre. Quant au deuxième mécanisme, le chapitre expose schématiquement comment les investissements induits par le transport peuvent créer un surplus pour le consommateur et décrit une méthode permettant de quantifier cet aspect dans l'analyse coût-avantages. Les problèmes de données rencontrés lors de la mise en œuvre de ces méthodes sont examinés.

¹ Department of Economics, Université d'Oxford, Royaume-Uni.

Introduction

Le bien-fondé d'un investissement dans l'amélioration des transports est souvent démontré en termes d'effets sur les résultats économiques. On s'attend à ce que ces améliorations agissent comme un catalyseur de l'investissement du secteur privé, créant des emplois, stimulant l'activité économique et faisant croître (ou rééquilibrant) l'économie locale (ou nationale). Ces « effets économiques plus larges » dépassent généralement le cadre d'une analyse coût-avantages (ACA) classique des transports, qui est axée sur les avantages pour l'utilisateur générés par le projet et qui fait souvent l'hypothèse d'une occupation des sols inchangée. Cette situation n'est pas satisfaisante, car elle crée une rupture entre les arguments stratégiques mis en avant pour appuyer un projet, et l'analyse économique et l'ACA associées. Même si la valeur des effets économiques plus larges se révèle faible, l'examen préalable doit se coller avec les arguments mis en avant par les promoteurs du programme et les intérêts locaux, ou bien risquer la marginalisation, aboutissant à un processus d'action publique dans lequel les décisions sont fondées sur de mauvais arguments économiques.

Intégrer les effets économiques plus larges dans l'ACA est une opération délicate et présente ses propres risques. En effet, élargir l'ensemble des mécanismes étudiés crée le risque que de mauvais arguments puissent sembler légitimés et que les effets puissent être amplifiés. Les études ont tendance à se focaliser sur les zones dans lesquelles une amélioration des transports développe l'activité économique, laissant de côté celles à partir desquelles l'activité en question pourrait avoir été déplacée. Ce procédé, de même que la communication des effets sur la valeur ajoutée brute, permet de faire abstraction de principes économiques fondamentaux – et en premier lieu du fait qu'attirer des ressources dans une activité a un coût d'opportunité. Le défi consiste à être ambitieux dans l'élargissement du champ de l'examen préalable sans se départir d'une analyse rigoureuse de la valeur sociale des investissements dans le transport et de toutes les réponses du secteur privé que ces investissements peuvent induire.

Comment y parvenir ? L'une des réponses réside dans une opération de modélisation économique intégrale, dans laquelle les contraintes de ressources sont correctement imposées, les réponses du secteur privé modélisées, les imperfections du marché rendues explicites et les avantages en matière de revenu réel (utilité) calculés avec exactitude. Cette approche peut convenir pour certains grands projets, mais elle ne constitue pas une solution générale. Les modèles de ce genre sont onéreux et les utiliser serait disproportionné pour la majorité des projets. Leur coût fait que, généralement, on construit un modèle que l'on applique ensuite aux différentes situations de façon mécanique, en quelque sorte, sans se préoccuper suffisamment des caractéristiques du programme et de ses effets probables. Ainsi utilisés, les modèles ne parviennent pas à restituer des effets qui ont toutes les chances d'être différents selon que le programme concerne le transport de voyageurs de banlieue, le contournement d'une ville ou une ligne ferroviaire interurbaine. Ces projets ont des objectifs déclarés distincts et déclencheront des réactions différentes de la part du secteur privé. Il s'ensuit que les examens préalables doivent être conçus pour s'adapter au contexte. Certains se préoccuperont en priorité des conséquences d'un afflux de personnes dans le centre d'une ville, d'autres du meilleur moyen de relier des zones reculées, et ainsi de suite.

Il faut donc élaborer un cadre des canaux ou des mécanismes possibles par lesquels des effets économiques plus larges peuvent se produire, et trouver les données probantes nécessaires pour quantifier ces mécanismes et les appliquer dans l'examen préalable. Leur application dans des projets

particuliers doit être contextuelle, éclairée par l'énoncé stratégique qui motive le projet ; certains mécanismes s'appliquent à certains types de projets de transport et d'autres, à d'autres. Pour les plus grands projets, les mécanismes peuvent être formulés dans un modèle économique complet. Pour d'autres, l'application passe par une approximation linéaire du modèle formel, effectuée par l'analyste ; cela signifie que les différentes composantes seront étudiées séparément, puis additionnées. Il va de soi que la relation entre les composantes doit être cohérente (de sorte que leur addition n'entraîne pas de double comptage), que celles-ci doivent être exhaustives (si une activité se développe, d'autres peuvent régresser) et que l'accent doit être sur la détermination de la vraie valeur sociale des effets.

Ce chapitre expose et examine les composantes clés de cette approche. La section suivante décrit les grandes lignes des composantes et la relation qui les unit ; celles-ci seront ensuite examinées plus en détail dans le reste du chapitre. Certains éléments sont aujourd'hui bien établis et sont appliqués dans la pratique, comme en attestent les directives d'évaluation du ministère des Transports du Royaume-Uni.¹ D'autres sont plus délicats à mettre en œuvre et doivent faire l'objet de travaux de recherche complémentaires.

Effets d'une amélioration des transports

Une amélioration des transports entraîne des réductions de temps de parcours et de coûts pour les usagers des réseaux concernés.² Les usagers sont des individus et des ménages dans leurs activités professionnelles et leurs activités de loisir, et des entreprises qui doivent transporter des biens, assurer des services et faire voyager des salariés. Les réductions de temps et de coûts modifient les flux de circulation, conduisant à les intensifier dans certaines parties du réseau et, éventuellement, à les réduire dans d'autres. Ces variations de coût et de flux font l'objet d'initiatives de modélisation complexes et sont au cœur de l'examen préalable des projets de transport. Elles sont illustrées dans la colonne de gauche du Graphique 5.1. Nous nous conformons aux pratiques en vigueur dans les travaux publiés sur les transports et employons pour désigner la valeur sociale de ces variations l'expression « avantages pour l'utilisateur » d'un projet.³ Bien que ces avantages soient au centre de tout examen préalable en matière de transport, ils ne constituent pas notre principal sujet ici.

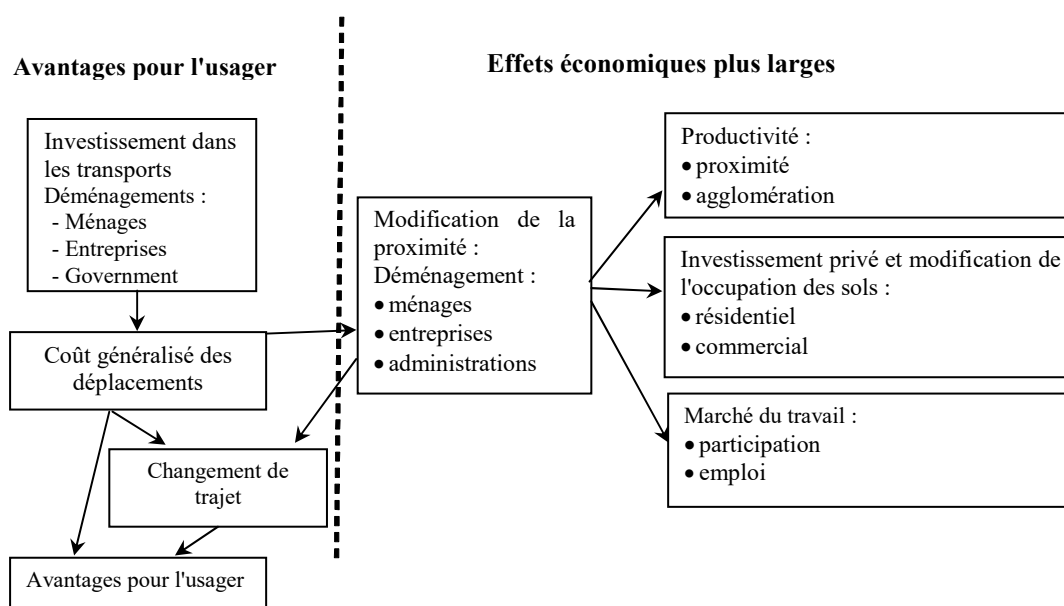
Les effets économiques plus larges sont illustrés dans la partie droite du graphique 5.1 et découlent de l'incidence du transport sur la géographie économique. De meilleurs transports augmentent la proximité, rapprochant les agents économiques les uns des autres, et peuvent aussi déclencher un transfert géographique de l'activité économique à mesure que les entreprises et les ménages décident de profiter de nouvelles possibilités. L'ensemble de ces changements crée des sources potentielles d'« avantages économiques plus larges » par le biais de trois mécanismes principaux.

Le premier tient au fait que la proximité et le changement de lieu d'implantation façonnent la densité effective de l'activité économique, et donc la productivité. Cette incidence s'ajoute aux effets directs sur la productivité qui découlent de la plus grande rapidité de déplacement ; elle résulte de l'intensité des échanges économiques qui caractérisent les zones ayant une taille et une densité économiques importantes. C'est la raison même de l'existence des villes et autres agglomérations. Cette observation est confirmée par une somme considérable de travaux de recherche qui quantifient la relation positive entre densité économique et productivité.

Le second mécanisme repose sur le fait que, toutes choses égales par ailleurs, une amélioration des transports fait des zones concernées des destinations plus attractives pour l'investissement. Les avantages pour l'utilisateur concernent les résidents, les travailleurs et les entreprises, et peuvent induire des investissements, occasionnant des changements dans l'occupation des sols : construction de logements, aménagement de centres d'affaires ou de centres commerciaux, ou réaménagement et rénovation des centres-villes. Ces investissements peuvent à leur tour produire des effets d'agglomération et des effets sur la productivité, et ajouter de la valeur en modifiant l'« attractivité » des lieux concernés.

Troisième mécanisme, il peut y avoir des effets sur le marché du travail, aussi bien du côté de l'offre que de la demande. Du côté de l'offre, le transport peut encourager des personnes à rejoindre la population active, tandis que du côté de la demande, des emplois peuvent être créés sur certains sites et dans certaines activités, parfois au détriment d'autres sites et activités.

Graphique 5.1. Effets d'une amélioration des transports



Pour tenir compte de ces effets dans l'examen préalable des projets de transport, il faut s'interroger sur trois points. Premièrement, on doit rechercher s'il existe une bonne raison de penser que ces effets créent une valeur sociale, en plus des avantages pour l'utilisateur. Il faut pour cela comprendre les mécanismes à l'œuvre et, avant tout, rechercher une défaillance du marché. En l'absence de défaillances de ce type, en effet, les changements (faiblement) quantitatifs ne dégagent aucune valeur sociale, car le système des prix égalise valeur et coût marginaux liés à l'évolution d'une activité. En revanche, si le changement induit par le projet de transport interagit avec une défaillance du marché, il se crée un avantage (ou un coût) supplémentaire. Notez que ces évaluations s'expriment en bien-être social (avantage pour les ménages au final) et non en valeur ajoutée brute (VAB). La distinction entre ces deux mesures est bien connue et ce chapitre met principalement l'accent sur le bien-être social.

Deuxièmement, les changements locaux doivent être replacés dans un contexte national. Dans la pratique, cela revient à s'intéresser de près au *déplacement*. Une création d'emplois dans une région peut se faire au prix d'une perte d'emplois dans une autre. Chaque changement pouvant être intéressant pour les parties prenantes locales, il sera parfois approprié d'en rendre compte dans l'examen préalable des projets. Une évaluation nationale doit toutefois faire état d'agrégats calculés à ce niveau et fournir une vue complète qui peut manquer si l'on se concentre sur les effets produits dans le voisinage du projet.

Troisièmement, il convient d'examiner la faisabilité d'une prédiction et d'une quantification des effets. Il s'agit là d'opérations délicates sur un plan technique, en particulier dans le cas de grands projets dont on prétend qu'ils auront des effets transformateurs. La difficulté est aggravée par les complémentarités entre les projets de transports et d'autres mesures, y compris d'autres changements de politique. Il est peu probable qu'un projet de transport seul soit suffisant pour débloquer un changement transformateur, sa valeur dépendant d'améliorations complémentaires des transports, de modifications dans la planification de l'occupation des sols et peut-être même d'évolutions démographiques plus larges. Pour étudier cela, plusieurs scénarios sont nécessaires ; la présentation d'un simple rapport avantages/coûts ne suffit pas.

Les trois prochaines sections de ce chapitre abordent tour à tour les effets des améliorations des transports sur la productivité et la proximité ; l'investissement privé induit et le changement dans l'occupation des sols ; et les effets sur le marché du travail. L'accent sera mis sur les mécanismes par lesquels le transport est susceptible de générer des avantages plus larges – c'est-à-dire sur la façon dont les effets économiques interagissent avec les défaillances du marché pour créer des sources de gain supplémentaire. L'avant-dernière section étudie comment, dans la pratique, l'examen préalable pourrait comprendre une estimation chiffrée des effets, en particulier au niveau national, qui tiennent compte également des effets de déplacement.

Proximité et productivité

Il est largement reconnu que la densité économique, c'est-à-dire le regroupement d'activités dans les villes de moyenne et de grande tailles, a des effets positifs sur la productivité et que ce type de regroupement dépend de l'efficacité des systèmes de transport. Certains des effets sur la productivité découlent d'interactions entre différents agents économiques qui ne sont pas entièrement internalisées, ce qui crée une défaillance du marché et des avantages économiques plus larges, comme en atteste la méthode d'évaluation du ministère des Transports du Royaume-Uni.

Mécanismes

Les améliorations des transports permettent des économies dans ce domaine et dans les coûts de communication des entreprises, des travailleurs et des consommateurs, ce qui améliore la proximité effective. À leur tour, des transports moins onéreux, plus fiables et plus rapides peuvent permettre aux entreprises de faire évoluer le mode d'organisation de leur logistique ou de leur production (en adoptant la méthode du juste à temps, par exemple). Ces gains sont des avantages pour l'utilisateur et sont pris en compte dans le calcul de ces avantages. Ils ne doivent pas être comptés une deuxième fois en tant qu'effets économiques plus larges.

Les avantages économiques plus larges se produisent lorsque des agents économiques ne captent pas la totalité des avantages (ou des coûts) de leurs actions, autrement dit lorsqu'ils créent des externalités qui présentent une valeur pour d'autres agents.⁴ Celles-ci peuvent être technologiques (telles que la diffusion de connaissances qui ne transite pas par un marché) ou pécuniaires (passant par un marché imparfait). En favorisant une plus grande épaisseur des marchés, et des relations économiques plus intenses, la proximité génère un certain nombre de ces effets. Le mécanisme le plus important est probablement qu'ensemble, cette taille et cette densité créent un environnement dans lequel les

entreprises et les travailleurs peuvent développer des compétences et élaborer des produits et des services extrêmement spécialisés. Ces compétences constituent des intrants pour les entreprises – les spécialistes ainsi que les ingénieurs, juristes et experts financiers qui peuvent être nécessaires à un fonctionnement efficace de l'entreprise.⁵ Un nouveau fournisseur spécialisé s'installera dès que le marché sera suffisamment développé, et sa présence viendra accroître l'attrait du pôle comme lieu d'implantation pour d'autres entreprises utilisant le produit ou le service en question. Celles-ci viennent étoffer le marché des fournisseurs spécialisés, encourageant d'autres entrées sur ce marché et enclenchant ainsi un cercle vertueux. Il s'agit là d'un processus classique de formation de pôles d'activité, comme ceux qui réunissent les usines d'assemblage automobile et leurs équipementiers, ou les différents métiers de l'industrie du film – réalisateurs, acteurs et techniciens. Ce processus génère des retombées (externalités). L'indivisibilité de certains facteurs ou les rendements d'échelle croissants font qu'un service, une compétence, une facilité ou un produit seront fournis uniquement si le marché est suffisamment grand. Le fournisseur n'est généralement pas en mesure de capter la totalité de l'avantage, ce qui entraîne la création d'un effet positif net pour d'autres acteurs du pôle.

Un nouveau mécanisme apparaît, car la concurrence a toutes les chances d'être intense dans un pôle large et dense, ce qui fait que les poches d'inefficacité dues à des situations de monopole ont peu de chances de subsister. Le comportement monopsonistique qui se produit quand il n'existe que peu d'acheteurs potentiels d'un produit ou d'une compétence, et qui peut décourager l'investissement, a moins de risque de constituer un problème dans un pôle de grande taille et densité. Il peut aussi y avoir diffusion directe de connaissances à mesure que « les mystères du métier cessent d'être mystérieux, mais sont comme présents dans l'air » (Marshall, 1890).

Les mécanismes peuvent opérer dans des secteurs particuliers ou dans un large éventail de secteurs, le premier cas constituant ce qu'on appelle des économies de localisation (Marshall) et le second, des économies d'urbanisation (Jacobs). Les effets sur la productivité intrasectorielle créent une force pour les pôles spécialisés dans un secteur et éventuellement les villes spécialisées. Variable selon les branches d'activité, ce phénomène est important dans certains secteurs manufacturiers comme en témoignent les pôles automobiles dans les pays développés et ceux réunissant des activités exigeant beaucoup de main-d'œuvre, tels que le textile et l'habillement, dans les pays en développement. Le regroupement en pôles est particulièrement courant dans les services aux entreprises, comme la finance, le droit et les médias. La création comme la diffusion de connaissances fonctionnent particulièrement bien en pôles et un corpus important de travaux publiés montre la concentration spatiale des activités innovantes.⁶

Évaluation

L'approche de forme réduite pour mesurer ces effets a deux éléments : le premier vise à élaborer une mesure de la densité effective ou de l'« accès à la masse économique » de chaque endroit et le second, à lier la productivité à cette mesure. La première étape – mesure de l'accès à la masse économique – prend généralement la forme $ATEM_i = \sum_j f(d_{ij})Emp_j$, ce qui signifie que $ATEM_i$, l'accès à la masse économique du lieu i , est la somme de l'emploi de tous les districts (indice j) pondéré par une fonction décroissante (f) de leur distance économique par rapport à i (d_{ij}). En conséquence, si un lieu est proche de beaucoup d'autres où l'emploi est élevé, son $ATEM$ sera élevé. La deuxième étape lie l'accès à la masse économique d'un lieu à sa productivité par la relation $Productivity_i = F(ATEM_i)$.

Une somme considérable de travaux de recherche économétriques quantifient ces relations, cherchant à trouver les fonctions F et f en estimant des équations de la forme :

$$Productivity_i = F(\sum_j f(d_{ij})Emp_j). \quad (1)$$

L'annexe I passe en revue des études clés ; ici, nous nous contentons de noter que les relations peuvent être examinées au niveau sectoriel (économies de localisation) ou au niveau agrégé (économies

d'urbanisation). La « distance » économique peut être mesurée de différentes manières (distance proprement dite, temps de parcours ou coût généralisé des déplacements) et l'activité économique peut être représentée par l'emploi ou d'autres indicateurs. Les unités d'observation peuvent être des agrégats spatiaux (moyennes territoriales ou sectorielles, par exemple) ou encore des entreprises ou travailleurs individuels. L'estimation implique de tenir compte d'autres facteurs déterminants de la productivité ; ainsi, si l'unité d'observation est un travailleur, les compétences et l'âge feront partie des variables de contrôle.

Un consensus acceptable s'est dégagé sur la magnitude des effets. Une étude bibliographique qui fait autorité (quoique relativement ancienne) observe qu'« en résumé, le doublement de taille d'une ville semble accroître la productivité dans une proportion comprise entre 3 % et 8 % approximativement » (Rosenthal et Strange 2004). Cela signifie que l'élasticité de la productivité par rapport à la taille de la ville se situe entre 0.05 et 0.11.⁷ C'est un effet important au niveau de l'échantillon, puisque l'on en déduit que la productivité d'une ville de 5 millions d'habitants est entre 12 % et 26 % plus élevée que celle d'une ville de 500 000 habitants. Une méta-étude (Melo et al., 2009) a conduit à penser que l'estimation moyenne de cette élasticité, sur plusieurs centaines d'études, était quelque peu inférieure, à 0.03, encore que l'on observe une variation considérable en fonction du secteur, du pays et des techniques utilisées par les chercheurs. Des travaux récents utilisant des données individuelles (et contrôlant les effets liés à l'individu) produit des estimations de même magnitude. Au niveau sectoriel, on observe une hétérogénéité, les services aux entreprises et les secteurs de haute technologie affichant les économies de localisation les plus importantes.

L'un des points critiques pour l'évaluation du transport est la construction de la mesure de l'accès à la masse économique $ATEM_i = \sum_j f(d_{ij})Emp_j$. La « distance » d_{ij} est généralement mesurée comme un composé des coûts généralisés de déplacements (GTC) de différents modes de transport. Le composé peut être construit soit en se servant d'une forme fonctionnelle quelconque (un indice pondéré sur la base de la répartition modale, par exemple) pour pondérer les différents modes, soit en laissant l'économétrie déterminer la contribution à la productivité de l'accès par différents modes. Cette dernière solution est préférable, mais difficile à définir précisément car les coûts généralisés des déplacements des différents modes sont fortement corrélés entre origines et destinations. On constate généralement que l'échelle spatiale des effets (prise en compte dans la fonction f) est assez limitée, avec des effets concentrés à l'intérieur des zones de déplacement domicile-travail (des temps de conduite de 45 minutes au maximum, par exemple) et s'atténuant assez rapidement par la suite.

Effet d'une amélioration des transports

Un investissement dans les transports peut changer l'accès à la masse économique de deux manières distinctes. Premièrement, il modifie le niveau d'activité de chaque lieu, Emp_j . Ce phénomène est parfois appelé « regroupement dynamique » et il est associé à un changement dans l'occupation des sols ; nous l'étudierons plus en détail dans les sections qui suivent. Deuxièmement, il a un effet direct sur la proximité. Le transport fait évoluer la matrice des distances économiques (GTC) entre les lieux, d_{ij} , améliorant la desserte de certains lieux et augmentant la densité effective de l'activité économique. On parle souvent à ce propos de « regroupement statique ». Mettre en œuvre cette source d'effets plus larges ne nécessite pas d'estimations de l'investissement induit ni du changement dans l'occupation des sols. L'examen préalable d'un projet de transport comprendra des estimations de la façon dont le projet change la matrice de GTC entre les différents lieux. Cela peut venir en entrée de l'équation (1), ce qui permet de calculer les changements de productivité qui s'ensuivent pour chaque lieu. Une augmentation de productivité dérivée de cette manière est une source supplémentaire de gains de bien-être – un avantage plus large, qui s'ajoute aux avantages pour l'utilisateur.

Investissement et changements dans l'occupation des sols

Une amélioration des transports entraînera généralement un changement dans la répartition géographique de l'investissement privé, et ce procédé d'encouragement, voire de « déblocage », de l'aménagement privé est souvent mis en avant comme l'un des principaux effets des projets de transport. La réponse des investisseurs est déterminée par les avantages pour les usagers que sont les résidents, les travailleurs et les entreprises. Elle modifie les flux de circulation, et cette évolution devrait être prise en compte dans le calcul des avantages pour l'utilisateur (Graphique 5.1). Y a-t-il des circonstances dans lesquelles l'investissement induit crée des avantages plus larges, qui viennent s'ajouter aux avantages pour l'utilisateur ? Nous traitons cette question dans deux contextes différents : tout d'abord, la construction de logements connexe à l'amélioration des transports, puis, à une échelle relativement grande, les aménagements commerciaux, tels que le réaménagement du centre des villes, dans lesquels l'amélioration des transports joue le rôle de catalyseur.

Construction connexe de logements

Le transport est une part nécessaire de nombreux aménagements de zones d'habitation, parfois à grande échelle. La proposition « Crossrail 2 », à Londres, est liée à la construction de 200 000 nouveaux logements dans le nord de la capitale. Dans quelles circonstances des avantages viennent-ils s'ajouter à ceux pris en compte dans les avantages pour l'utilisateur ? Les principes économiques qui gouvernent l'évaluation de ce type de changement d'affectation des sols sont simples, mais il n'est pas inutile de les rappeler.

Soit Q_0 le nombre initial de maisons d'une zone particulière et ΔT l'avantage pour l'utilisateur que les résidents de chaque maison retirent d'une amélioration des transports dans cette zone. Dans la nouvelle situation, une fois l'amélioration des transports achevée et toute autre modification décidée par les pouvoirs publics effectuée, le nombre de maisons augmente pour atteindre Q_1 . Avec une analyse classique de l'offre et de la demande (annexe II), le changement de bien-être comprend deux parties. La première est constituée par les avantages pour les usagers (UB) que sont les résidents existants et nouveaux, avantages dont la valeur approchée se calcule par la règle de la moitié, soit $UB = \Delta T \{Q_0 + (Q_1 - Q_0)/2\}$. La seconde restitue les défauts d'efficacité dans l'occupation des sols, tels que mesurés par le coin entre le prix et le coût marginal (le coût marginal étant la valeur de la terre utilisée de l'autre façon, plus les coûts de construction des maisons et tout autre coût supplémentaire, tel que les externalités induites de la congestion). Soit PC_0 et PC_1 la valeur du coin dans les situations initiale et finale, la valeur sociale supplémentaire dérivée est égale au nombre de nouvelles maisons construites multiplié par la valeur moyenne du coin, soit $WB = (Q_1 - Q_0)(PC_0 + PC_1)/2$.

La partie représentant l'avantage plus large, WB, est proportionnelle à l'écart moyen entre les avantages sociaux marginaux et les coûts sociaux marginaux. Qu'est-ce qui concourt à cet écart ? Les restrictions en matière d'aménagement sont une possibilité, mais seulement si elles sont plus restrictives qu'il n'est efficace. En conséquence, il se peut que l'autorité de planification accorde une grande valeur aux coûts de congestion ou à d'autres externalités négatives créées par l'aménagement, réduisant ainsi l'écart entre avantages et coûts marginaux. Autre possibilité, il peut exister un pouvoir de monopole dans l'offre de logements. Les promoteurs immobiliers qui détiennent de grands stocks de terrains limiteront l'offre (égalisant le coût marginal avec le chiffre d'affaires marginal, et non le prix), créant par là même l'écart considéré. Il peut arriver que ce pouvoir de monopole ne soit pas exercé par les promoteurs, mais par les résidents existants, qui se sont emparés du processus de planification et s'efforcent de restreindre la construction de nouveaux logements pour maintenir les prix de l'immobilier à un niveau élevé.

D'aucuns prétendent parfois que le gain total (UB + WB) est donné par la hausse de la valeur des terrains. Deux conditions sont nécessaires pour que ce soit vrai. Premièrement, il faut que l'augmentation de l'offre de logements ne fasse pas baisser les prix (voir l'annexe II). Cela suppose que l'élasticité de la demande par rapport aux prix soit infinie (ou que l'offre supplémentaire soit extrêmement réduite). Si, au contraire, l'élasticité est finie (la demande est décrite par une courbe à pente négative), le prix diminue, de sorte que tout l'avantage ne va pas aux propriétaires des terrains, une partie est transférée aux occupants des maisons.⁸ Dans ce cas, la hausse de la valeur des terrains sous-estime le gain de bien-être. Deuxième condition, toutes les externalités (comme la congestion accrue) doivent être intégralement prises en compte et appliquées dans le calcul des coûts. Si tel n'est pas le cas, la présence d'externalités négatives non payées fera que la hausse de la valeur des terrains surestimera l'avantage de l'aménagement.

Changement dans l'occupation des sols, affectés à un aménagement commercial

La situation se complexifie si le transport agit comme un catalyseur de l'investissement privé dans un grand programme d'aménagement commercial (vente au détail ou bureaux), entraînant parfois le réaménagement d'une grande superficie de terrains urbains. On laisse souvent entendre que les aménagements de ce type créent un avantage supplémentaire en rendant la zone « plus attractive ».⁹ Dans quelles circonstances ces avantages excèdent-ils les avantages pour l'utilisateur qui voyage en direction et à partir de cette zone ?

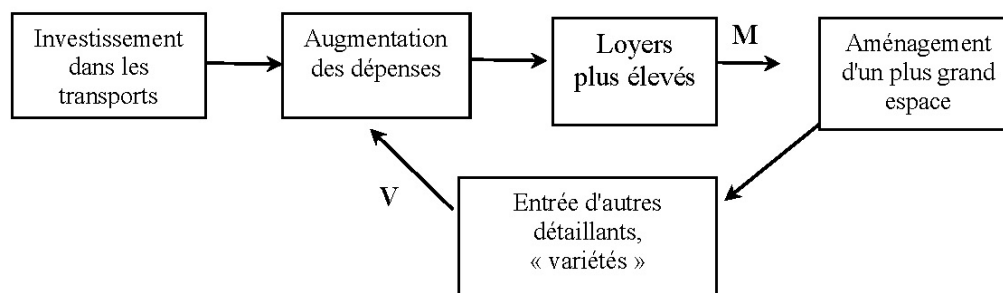
Le Graphique 5.2 en offre une représentation théorique. Le contexte illustré dans ce graphique est celui d'un aménagement visant le commerce de détail, bien que les arguments avancés soient plus généraux.¹⁰ Une amélioration des transports augmente les dépenses effectuées dans un endroit, car la fréquence des visites est sensible à l'abaissement des coûts de transport. Ces dépenses plus soutenues améliorent la rentabilité des magasins, ce qui permet aux propriétaires des murs d'augmenter les loyers. Le profit ainsi réalisé permet à son tour de mettre en valeur d'autres espaces, en réaménageant le site – par une extension ou peut-être un nombre d'étages plus élevé. Cette expansion accroît la surface de plancher, et permet donc l'ouverture d'un plus grand nombre de magasins, ce qui fait du site une destination encore plus attractive et crée la boucle de rétroaction apparaissant sur le graphique.

Ce sont les avantages pour l'utilisateur qui déclenchent ce processus ; des avantages plus larges apparaissent en cas d'interactions avec des défaillances du marché. Il y a sans doute deux sources de défaillances du marché dans ce processus, respectivement repérées par les lettres M et V dans le Graphique 5.2. La première, M, apparaît du fait d'éventuels obstacles empêchant que le degré d'aménagement n'atteigne un niveau efficient et créant ainsi des écarts entre avantages et coûts marginaux. La seconde se situe au point V et rend compte de l'idée selon laquelle les sites deviennent plus attractifs à mesure qu'ils attirent plus de magasins. Nous allons d'abord examiner l'argument de l'attractivité, V, avant de nous tourner vers les obstacles à l'aménagement, M.

L'argument de l'attractivité est fondé si l'arrivée de nouveaux magasins crée un certain surplus du consommateur, c'est-à-dire une utilité pour le consommateur en sus de la valeur de ses dépenses. Pour cela, il faut que les magasins se distinguent les uns des autres ; c'est ce qui est formalisé dans de nombreux sous-domaines de l'économie comme constituant un effet de la variété. Ainsi, dans le domaine du commerce international, on soutient que la plus grande part des gains tirés du commerce (du moins, du commerce intrasectoriel entre pays similaires) provient de pays qui sont en mesure d'accéder à une plus large gamme de produits (pour une quantification de ces effets, voir Broda et Weinstein, 2006). Par analogie, l'introduction de nouveaux magasins dans un programme d'aménagement de commerces de détail crée un surplus du consommateur car elle accroît le choix (le nombre de variétés) proposé aux consommateurs. La méthode classique de quantification du gain fait l'hypothèse d'une demande iso-élastique pour les produits étudiés. Si l'on note σ cette élasticité, le rapport du surplus du consommateur sur les dépenses engagées dans une nouvelle variété s'écrit $1/(\sigma - 1)$ (annexe II). Par conséquent, la

valeur de tout effet de variété, UV , est la suivante : $UV = \text{variation de dépenses}/(\sigma - 1)$. Si les produits sont parfaitement substituables – l'aménagement ne fait alors que multiplier le nombre de magasins identiques –, σ est infinie, il n'y a aucun accroissement de l'« attractivité » et $UV = 0$.¹¹ Les estimations classiques de σ à partir d'autres contextes donnent des valeurs comprises dans une fourchette de 6 à 10, soit une majoration des avantages plus larges comprise entre 10 % et 20 % des dépenses engagées dans l'aménagement.

Graphique 5.2. Aménagement commercial



Trois remarques s'imposent à propos de l'effet de la variété. Premièrement, d'après l'approche décrite ci-dessus, cet effet est un facteur de majoration de la variation des dépenses des consommateurs sur le site aménagé. C'est donc une donnée spécifique du projet, observable *ex post*, mais qui fera vraisemblablement partie des plans d'aménagement au stade de l'examen préalable ou de la planification. Les estimations des avantages plus larges éventuellement créés peuvent être testées par rapport à la proposition commerciale présentée par les promoteurs. Cela évite d'avoir à recourir à des déplacements ponctuels des courbes de la demande pour rendre compte de ces effets.

Deuxièmement, l'examen porte sur un aménagement dans le domaine du commerce de détail. On peut appliquer exactement la même démonstration à un programme de construction de bureaux, en substituant toutefois à l'effet lié à la variété un effet d'agglomération. Dans les deux cas, l'arrivée d'une nouvelle entreprise (magasin ou bureau) crée une retombée positive, car le nouvel arrivant ne peut pas capter l'intégralité de l'avantage créé. Cette analyse est donc une reformulation des arguments d'agglomération et de productivité de la section précédente. Bien entendu, un projet donné suivra uniquement l'une de ces deux approches.

Troisièmement, ces arguments (et ceux exposés à la section précédente) doivent être remis en contexte pour tenir compte des effets de déplacement des marchés de produits. L'activité – manufacturière, commerciale ou résidentielle – se produirait-elle quelque part ailleurs en l'absence du projet d'amélioration des transports ? Si tel est le cas, serait-elle soumise aux mêmes défaillances du marché ? Les effets doivent alors être combinés sur l'ensemble des zones géographiques – certains positifs et d'autres négatifs. Nous reviendrons sur cette question dans l'avant-dernière section.

Examinons maintenant l'autre source possible de défaillances du marché, la présence d'obstacles à l'aménagement, M . Un grand nombre de points sont analogues à ceux évoqués lors de la discussion précédente sur la construction de logements. Il peut donc y avoir un pouvoir de monopole si un promoteur se rend compte que la construction d'espaces de bureau supplémentaires fait baisser les loyers. Le système de planification peut restreindre outre mesure l'aménagement, en particulier s'il ne s'intéresse qu'aux intérêts des résidents locaux lors de l'élaboration d'un programme qui serait susceptible de fournir des avantages à un groupe plus dispersé de clients ou de travailleurs. Comme pour la construction de logements, une augmentation de la quantité fournie apporte un avantage plus large proportionnel à l'écart entre avantage et coût sociaux marginaux.

Les aménagements commerciaux de grande envergure sont susceptibles de rencontrer des obstacles supplémentaires, car les investissements qu'ils impliquent sont approuvés par un grand nombre de décideurs distincts – promoteurs immobiliers et détaillants dans la schématisation du Graphique 5.2, ou peut-être plusieurs promoteurs dans un programme important. Si la rentabilité du projet d'un des décideurs dépend de l'investissement des autres (comme l'illustre la boucle de rétroaction du Graphique 5.2), cela crée un risque d'échec de coordination. Il n'est dans l'intérêt d'aucun des investisseurs pris séparément d'investir, mais chacun d'entre eux le ferait s'il savait que les autres vont suivre. Cette interdépendance positive sur le plan de la rentabilité pourrait se produire lors du démarrage d'un nouveau pôle d'activité économique (arguments relatifs à la productivité exposés à la section précédente) ou lors du lancement de nouveaux programmes de commerce de détail ou de réaménagement urbain. Les échecs de coordination prennent alors les acteurs au piège d'un faible niveau d'aménagement et nécessitent que l'on mette en place un mécanisme décisionnel permettant de coordonner les actions de chacun et de sortir du piège. L'investissement dans les transports peut fournir un mécanisme de cet ordre.

Pour prendre un exemple simple, voyons le cas d'une ville en plein essor : il est évident pour tous que la création d'un centre secondaire quelque part à la périphérie de la ville a toutes les chances de réussir, mais on ne parvient pas à s'accorder sur le choix du site. La rentabilité attendue d'un investissement privé dans quelque endroit que ce soit est donc faible, voire négative, car cet endroit pourrait ne pas être celui appelé à décoller. Cette incertitude prend les acteurs au piège d'un faible niveau d'aménagement – personne n'investit où que ce soit. Plusieurs voies sont possibles pour résoudre ce problème. Un promoteur privé suffisamment important peut décider de faire le premier pas, étant relativement confiant que d'autres suivront. La municipalité peut définir un plan d'urbanisme, sélectionnant ainsi les zones à aménager. Ou alors, on peut décider la construction d'une infrastructure de transport. Cette dernière décision joue un double rôle : elle fournit un accès et des avantages pour l'utilisateur d'une part et envoie un signal crédible que l'endroit choisi est appelé à se développer d'autre part. Si cela permet de sortir d'une coordination en échec, le potentiel de rentabilité des capitaux investis peut être plusieurs fois supérieur aux seuls avantages pour l'utilisateur.

La rénovation d'un quartier délabré dans une ville offre un autre exemple d'échec de coordination. Un propriétaire n'a aucun intérêt à rénover son bien puisque ceux des autres sont à l'abandon, mais si tous s'y mettent, tous y gagnent. Le rôle du transport comme catalyseur permettant de sortir de ce type de piège est moins net que dans l'exemple précédent (l'incertitude ne concerne pas le lieu, mais la probabilité d'action). Cependant, en augmentant la valeur des biens situés dans la zone de desserte, un projet de transport peut aussi accroître la rentabilité d'une rénovation immobilière ; si certains propriétaires s'y attellent, d'autres pourraient suivre, améliorant encore la rentabilité pour d'autres.

Il est évident que l'évaluation de ces effets est propre au contexte et soumise à une large part d'incertitude. Les études du rôle du transport dans ces cas de figure (programmes de rénovation, par exemple) laissent fréquemment penser que le rôle du transport est essentiel dans un train de mesures, mais a peu de chances d'être transformateur à lui seul. De manière plus générale, on observe une forte interdépendance du transport et d'autres politiques et projets publics. Les effets de synergie ne se limitent pas aux projets de transport ni à l'aménagement privé associé, mais s'étendent aussi aux politiques publiques, comme la politique d'occupation des sols et les mesures plus larges d'urbanisation et de développement régional. L'examen préalable des projets de transport doit tenir compte des effets de synergie potentiels qui naissent de l'interaction entre les politiques. Si chaque élément d'un ensemble de mesures est nécessaire au changement sans être suffisant, pris isolément, alors il faut évaluer l'ensemble comme un tout. On peut établir des scénarios illustrant les effets de différentes combinaisons de politiques et autres changements, puis évaluer chaque scénario. En revanche, il n'est généralement pas intéressant d'attribuer un rendement séparé à chaque partie d'un train de mesures intégrées.

Effets sur l'emploi

La création d'emplois est souvent présentée comme un effet majeur de l'investissement dans les transports, agissant selon deux mécanismes distincts. Le premier se situe du côté de l'offre : de meilleurs transports peuvent faciliter la mobilité des personnes qui se rendent à leur travail et réduire les effets de découragement des travailleurs. Le second agit sur la demande, l'investissement induit créant de nouveaux emplois. Nous allons examiner chacun d'eux à son tour en soulignant que, comme de coutume, le point de référence est une situation dans laquelle une modification des quantités – d'emplois ou d'autres variables – correspond à une valeur sociale nulle.

Offre de travail : activité et coïns fiscaux

Du côté de l'offre, les individus décident d'accepter un emploi (d'entrer dans la population active) après avoir comparé les coûts liés à cet emploi (y compris les coûts de transport domicile-travail) au salaire versé. En réduisant les dépenses (de temps et d'argent) à engager pour se rendre au travail, un investissement dans le transport devrait augmenter la rentabilité de l'activité ; certaines personnes qui avaient renoncé à cette activité parce que le bénéfice net de l'entrée sur le marché du travail était insuffisant peuvent alors revenir sur leur décision. Ce type d'augmentation de l'offre de travail et de l'emploi accroît la VAB, mais, dans les circonstances les plus simples, ne modifie pas le bien-être. Initialement, la personne ne travaillait pas parce que, pour elle, une fois pris en compte le coût des déplacements domicile-travail, l'utilité du temps libre dépassait celle d'un emploi. Si une amélioration des transports déclenche le retour à l'emploi, l'avantage pour la personne concernée ne peut pas être supérieur à l'avantage pour l'utilisateur qu'elle perçoit (s'il l'était, la personne aurait choisi de travailler avant cela). En revanche, cette conclusion change en présence d'un coin fiscal (ou de la perte d'un avantage accordé par l'État). La personne ne reçoit pas la pleine valeur de son travail car une fraction de celle-ci revient à l'État. Le gain complet résultant du fait de prendre un emploi est alors égal à la somme de l'avantage pour l'utilisateur et de l'impôt sur le revenu acquitté (ou des prestations non perçues).

Dans l'évaluation des projets de transport du Royaume-Uni, cela se traduit de façon suivante : calcul de la variation du coût généralisé des déplacements pendulaires ; puis estimation de la façon dont cette rentabilité accrue du travail joue sur le volume de main-d'œuvre fourni (à travers une élasticité de l'offre de travail par rapport aux revenus) ; et enfin, calcul du montant de revenu supplémentaire généré et de la part de ce revenu qui revient sous forme d'impôt (ou de prestations non versées). D'après le raisonnement qui précède, on ne prend en compte comme un avantage supplémentaire découlant du programme que l'impôt perçu (ou les prestations économisées) du fait du complément d'emploi et de production.

Des principes analogues s'appliquent si le transport déclenche une migration vers des emplois plus productifs. Admettons, par exemple, que les emplois disponibles dans le voisinage soient mal payés, mais qu'il en existe de mieux rémunérés plus loin. Une réduction du coût des déplacements pourrait amener des personnes à changer pour prendre les emplois mieux rémunérés. Cependant, pour calculer le gain privé net de ce changement d'emploi, les personnes se fondent sur leur revenu après impôt et non sur leur salaire imposable. Le fisc récupère la différence introduite par l'impôt dans cette décision. Ce mécanisme est strictement analogue à celui de la décision d'entrée en activité examinée plus haut et faisait partie de l'évaluation du projet Crossrail (voir encadré 5.1).

Demande de main-d'œuvre et chômage

Considérons le côté demande : si des emplois sont créés dans un endroit, la valeur de la production correspondant à chaque nouvel emploi est donnée par le salaire, lequel doit être mis en balance avec la valeur de ce que les travailleurs auraient fait sans les nouveaux emplois. Pour les travailleurs qui sont ainsi sortis d'une période de chômage subie, l'occupation précédente est de faible valeur, aussi l'avantage net est-il de taille. Cet effet peut être crucial dans les économies en développement ou dans les régions où sévit un chômage (ou un sous-emploi) structurel important. En revanche, dans le cas de projets de transport à long terme implantés dans des économies de marché fonctionnant assez bien, il paraît probable que le marché du travail s'ajustera sur un taux « naturel » de chômage, indépendant de l'investissement dans le transport. L'augmentation de la demande de main-d'œuvre est alors satisfaite soit par un taux d'activité accru, soit par le recrutement de travailleurs employés ailleurs. Dans le premier cas, la valeur du surcroît d'activité est égale, comme précédemment, à l'écart introduit par la fiscalité sur le revenu. Dans le cas du passage d'un emploi à un autre, la valeur est égale la différence de salaire. Si les salaires des deux emplois concernés sont identiques, il n'y a aucun avantage net. Comme il s'agit d'un déplacement à 100 %, les effets sur l'emploi induits par la demande ne doivent pas être pris en compte à l'échelle nationale.

Il convient d'apporter une restriction théorique importante à cet argument, bien que, quantitativement, les chiffres concernés soient faibles pour un projet de transport pris isolément. Pour attirer une main-d'œuvre employée dans d'autres activités, on pourrait avoir proposé des salaires plus élevés dans la zone concernée ou une zone plus large. Compte tenu du niveau de productivité, une augmentation des salaires doit être financée soit par une réduction des profits (ou, plus généralement, des paiements destinés à d'autres intrants), soit par une augmentation des prix. L'augmentation des salaires n'est donc qu'un transfert, sans valeur au niveau du revenu agrégé, à moins que les personnes qui la paient (consommateurs ou destinataires des profits) ne fassent pas partie, pour une raison ou une autre, de celles prises en compte dans l'évaluation. L'approche classique serait d'indiquer que l'avantage apparaît dans la mesure où l'augmentation de prix est payée par des étrangers, autrement dit représente une amélioration des termes de l'échange, de sorte que le pays est en mesure de vendre ses exportations à un meilleur prix. Cela représente une source supplémentaire d'avantages, mais des avantages qui ont peu de chances d'être quantitativement significatifs à l'échelle d'un seul projet de transport.

Prédiction des variations en volume

Les sections précédentes de ce chapitre se sont intéressées aux sources d'effets plus larges et à la façon dont on pouvait les évaluer. Appliquer cela dans les examens préalables nécessite de prévoir les variations en volume (de l'investissement, de la production et de l'emploi, ainsi que de la circulation) qui sont susceptibles de découler d'une amélioration des transports et qui déterminent ces effets plus larges. Ces variations quantitatives ont lieu principalement aux abords du projet, mais peuvent aussi se produire ailleurs dans l'économie, un point important pour déterminer les effets de déplacement. Il existe plusieurs manières – complémentaires – de se procurer l'information requise pour prévoir ces variations. L'une consiste à exploiter les données techniques détaillées du projet lui-même. Ces éléments peuvent être combinés aux connaissances disponibles sur les caractéristiques des territoires et des secteurs concernés. On peut aussi recourir à la modélisation spatialisée pour calculer les effets sur les activités

dans toute l'économie. Toutes les approches ont besoin de s'appuyer sur des données d'expérience, que celles-ci proviennent d'études de cas ou d'analyses économétriques.

Informations sur le projet

Les documents de projet types contiennent des prévisions des niveaux et des variations des coûts généralisés de déplacements et des flux de circulation (quoique souvent dérivés en faisant l'hypothèse d'une occupation des sols inchangée). Ces informations sont nécessaires pour calculer les avantages pour l'usager d'une amélioration des transports et sont également suffisantes, à condition de poser l'hypothèse que toutes les autres variations ont une valeur sociale nulle. Dans quelle mesure les informations nécessaires pour calculer les effets plus larges sont-elles disponibles dans ces documents ?

Prenons d'abord les effets sur la productivité. Rappelons que ces effets opèrent par l'intermédiaire de deux mécanismes distincts, l'un statique et l'autre dynamique. Le premier est la variation de la « distance » (telle que mesurée par les coûts généralisés des déplacements), connaissant la localisation de l'activité économique ; à l'évidence, cette information figure dans les documents de projet. Le second est la variation de l'activité économique (telle que mesurée par l'emploi éventuellement, soit en valeur agrégée, soit par secteur) sur les territoires concernés par le projet. Dans certains projets, cette information est implicite dans la spécification même du projet. Un projet d'amélioration des déplacements pendulaires contient des estimations de variation de la capacité du réseau, et donc des prévisions des flux de passagers. Si ces déplacements se font vers le lieu de travail, la réponse en matière d'emploi dans chaque lieu est implicite, parfois même explicite, dans les prévisions de passagers. En outre, les caractéristiques du lieu desservi par le projet sont connues, et les prévisions des effets d'agglomération et des effets sur la productivité en découlent. L'examen préalable du projet Crossrail, à Londres, était fondé sur des informations de cette nature (voir l'encadré 5.1 et Worsley, 2011).

Un raisonnement analogue s'applique à d'autres projets conduisant à un changement d'affectation des sols. Si un projet débloque la construction de logements ou vise à entraîner le réaménagement d'une zone urbaine, alors le système d'aménagement contient des projections de ces changements dans l'occupation résidentielle ou commerciale des sols. Ces informations doivent être utilisées dans l'examen préalable des projets de transport, à la fois pour obtenir des flux de circulation précis et pour évaluer les effets combinés du projet de transport et d'autres aménagements connexes. Comme il est indiqué dans la section sur l'occupation des sols, les avantages plus larges correspondant à des changements dans l'« attractivité » du lieu devraient reposer sur les estimations de dépenses nouvelles induites par les aménagements connexes, estimations qui auront été faites durant les phases de conception du projet. La question n'est donc pas de savoir si des informations pertinentes existent, mais de s'assurer que celles-ci sont utilisées dans l'examen préalable.

La troisième catégorie d'effets plus larges concerne le marché du travail. L'offre de travail – variations des taux d'activités ou migration vers des emplois plus productifs – est intrinsèquement locale et propre au projet, et découle des informations examinées aux deux paragraphes précédents (voir l'exemple du projet Crossrail dans l'encadré 5.1). En revanche, il est probable que la demande de travail passera plutôt par le marché du travail national et, comme indiqué plus haut, déplacera des travailleurs précédemment employés ailleurs.

Encadré 5.1. Faire la navette entre son domicile et un pôle d'activité : Crossrail

L'un des objectifs du projet Crossrail était de créer des emplois dans le centre de Londres. Les promoteurs du projet laissaient entendre, en effet, que cela pourrait générer deux sortes d'effets plus larges. L'expansion du marché de l'emploi augmenterait la productivité du pôle. Il se produirait une « migration vers des emplois plus productifs », puisque les travailleurs du centre de Londres gagnent en moyenne 20 % de plus qu'à la périphérie de la ville.

Pour rendre compte du premier de ces arguments, les études sont parties d'une élasticité de la productivité par rapport à l'emploi de 0.06 et d'une croissance de l'emploi de 5 %, conférant aux membres du pôle un gain moyen de productivité de 0.3 % ($= 0.06 \times 0.05$), dont la valeur actualisée représentait les deux tiers de l'estimation des avantages pour l'utilisateur. (Ces chiffres illustrent la série de cas utilisée dans l'examen préalable.) La migration vers des emplois plus productifs accroît la VAB, dont seule une petite partie toutefois constitue une augmentation du revenu réel (bien-être). La condition d'indifférence est remplie lorsque la différence de salaire entre le centre de Londres et sa banlieue correspond au coût des déplacements pendulaires. Cependant, pour calculer le gain net d'un changement d'emploi, les personnes se fondent sur leur revenu après impôt et non sur leur salaire imposable. L'impôt sur la différence de revenu revient à l'État, et c'est ce coin fiscal qui constitue l'avantage social net. Cet effet lié au revenu (un gain de revenu réel) ajoute un autre montant à l'examen préalable, une valeur en plus des avantages pour l'utilisateur.

L'examen préalable du projet Crossrail donne un exemple caractérisé de la façon de calculer les effets plus larges en s'adaptant spécifiquement à un projet, même si ce calcul repose sur de subtiles appréciations. Ainsi, les effets quantitatifs viennent directement de l'accroissement de capacité du réseau de banlieue. Dans d'autres cas, cela pourrait nécessiter une opération de modélisation plus complète, à l'aide d'un modèle LUTI ou équivalent. L'exemple suppose que les travailleurs supplémentaires dans le centre de Londres viennent grossir le pôle d'activité et augmentent la productivité, mais que le déplacement de travailleurs venus des banlieues (ou de tout autre endroit étant donné que les effets d'équilibre agissent dans toute l'économie) n'a aucun effet négatif compensatoire sur la productivité dans un autre secteur géographique.

Le calcul de la valeur des « migrations vers des emplois plus productifs » nécessite que l'on réunisse des informations sur les emplois créés et déplacés et sur les niveaux de salaire et de productivité de chacun, et que l'on explique par écrit pourquoi, dans la situation initiale, les travailleurs n'occupaient pas les emplois mieux rémunérés et plus productifs (autrement dit, pourquoi il pouvait co-exister des emplois comparables mais différemment rémunérés). Ces éléments étaient tous présents dans l'examen préalable du projet Crossrail, où l'on expliquait que le coût des déplacements pendulaires était l'obstacle qui avait empêché les travailleurs de prendre les emplois mieux rémunérés, et où l'on faisait état de nettes différences de salaire. Dans d'autres contextes, ces différences seront probablement beaucoup plus faibles et plus difficiles à déterminer.

Économétrie

Les informations propres au projet et les informations locales doivent être combinées à des données probantes, dérivées d'analyses économétriques et d'études de cas, qui apportent trois contributions principales. Premièrement, elles donnent les élasticités – les réactions d'une variable aux variations d'une autre – sur lesquelles l'analyse se fonde. Les prévisions de circulation dépendent de ces élasticités, tout comme en dépendent, pour les effets plus larges, les mécanismes de productivité (tels qu'étudiés à l'annexe I), le surplus dérivé des systèmes relatifs à la demande des consommateurs et le taux d'activité de la main-d'œuvre. La deuxième contribution vient des études d'ensemble du rôle des infrastructures de transport dans les résultats économiques. Ces études se situent dans le sillage de Aschauer (1989, 1990) et sont résumées dans la méta-étude de Melo et al. (2013), et laissent entendre que les élasticités de la production privée par rapport au stock d'infrastructures de transport sont positives, quoique faibles, autour de 0.1 ou moins. Elles sont trop agrégées pour donner des estimations exactes des effets de projets

particuliers, mais permettent une confrontation utile avec la réalité, fixant des limites auxquelles les estimations des effets de projets précis doivent être comparées.

La troisième contribution découle des études sur les effets d'améliorations particulières des transports. Ces études, qu'il s'agisse d'études de cas descriptives ou d'analyse économétriques, présentent de multiples difficultés méthodologiques. La principale concerne la définition d'un scénario contrefactuel, c'est-à-dire d'un scénario décrivant ce qui se serait passé en l'absence du projet. De nouvelles pistes de recherche permettent de progresser sur ce point en comparant les zones qui ont bénéficié d'une amélioration des transports à des zones similaires n'ayant pas bénéficié de cette amélioration.¹² La comparaison des zones bénéficiaires et non bénéficiaires demeure un défi, tant il est ardu d'établir que des investissements dans le transport ont joué un rôle causal dans les différences qui apparaissent entre ces zones. L'essor d'une région est-il dû au fait qu'une route a été construite, ou la route a-t-elle été construite parce qu'on anticipait l'essor de la région ? Les travaux publiés s'efforcent de résoudre ces problèmes en combinant l'utilisation de variables instrumentales et la recherche d'« expériences naturelles » (des situations dans lesquelles un investissement dans les transports a été effectué pour des raisons indépendantes des résultats économiques attendus). Des études portant sur des sujets aussi divers que des voies de chemin de fer en Chine ou des routes aux États-Unis et au Royaume-Uni font état d'effets positifs significatifs dus aux infrastructures de transport. Des problèmes n'en demeurent pas moins. Les études comparent généralement des zones bénéficiaires et non bénéficiaires, or cette méthode ne permet aucunement de distinguer les effets positifs dans les zones bénéficiaires des effets négatifs (dus au déplacement, par exemple) dans les zones non bénéficiaires. Difficile également de généraliser les constatations d'une étude de cas et de les appliquer aux circonstances particulières d'un nouveau projet. Mais en dépit de ces difficultés, des progrès sont en cours et l'on peut s'attendre à ce que la longue série d'études de haute qualité menées sur des projets passés accumule suffisamment de données pour éclairer de façon utile la conception et les effets probables de nouveaux projets.

Modélisation spatialisée

La modélisation spatialisée rassemble des informations relatives au projet et des données issues d'autres sources dans une structure formelle permettant de simuler les effets d'un projet. Les deux techniques fréquemment utilisées sont les modèles LUTI (*land use transport interaction*, interaction entre les systèmes de transports et l'occupation des sols) et les modèles d'équilibre général calculable (EGC) spatialisés. L'avantage de ces modèles est qu'ils peuvent donner une description spatiale plus complète des effets d'un projet et intégrer les réactions à l'équilibre général des marchés de produits et du travail. Les modèles LUTI présentent généralement une structure spatiale plus fine que les modèles EGC spatialisés, tandis que ces derniers permettent une réponse d'équilibre d'un plus grand nombre de variables.

Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, ces modèles sont onéreux et ne sont donc pas appropriés à la plupart des projets de relativement petite envergure. On les utilise souvent « tels quels » et on les applique sans trop se préoccuper des caractéristiques fondamentales du projet et de la situation que l'on veut analyser. Il y a donc toujours un risque d'accorder une attention indue à des effets estimés même lorsque ceux-ci découlent de parties du modèle que l'on ne comprend pas complètement ou qui n'ont pas fait l'objet d'une évaluation critique.

Il n'en reste pas moins que ces modèles peuvent jouer un rôle appréciable. Ils peuvent notamment servir à élaborer des scénarios de substitution des effets d'un projet. Comme nous l'avons fait valoir, les résultats varient avec la palette de politiques complémentaires qui accompagnent une amélioration des transports et avec les réactions du secteur privé. Certaines incertitudes sont inhérentes à ces réactions – en particulier quand celles-ci sont de nature à faire évoluer la situation et font intervenir quelques-uns des mécanismes de rétroaction positive associés aux avantages plus larges. Il est plus facile de rendre compte

de ces situations alternatives en présentant les résultats de plusieurs scénarios, et les modèles calculables formels sont bien adaptés à cela.

Le Tableau 5.1 présente une synthèse des circonstances dans lesquelles la modélisation formelle peut assurer une part importante de la détermination des effets plus larges, et celles dans lesquelles les informations relatives au projet, associées aux connaissances dérivées d'études de cas et d'analyses économétriques, devraient suffire.

Tableau 5.1. **Prédiction des variations en volume**

	Champ de l'examen préalable	
	Informations locales sur le projet	Modélisation spatialisée nécessaire ?
Avantage pour l'utilisateur	Avantages pour l'utilisateur	Non : (les variations en volume induites ont une valeur nulle)
Productivité	Regroupement statique Regroupement dynamique	Non : (variations de la « distance » en fonction de l'emploi) Oui : en cas de déplacement d'activités probable avec potentiel d'agglomération
Investissement et changement dans l'occupation des sols	Résidentiel Commercial	Non : (les volumes sont définis par des contraintes ailleurs) Non : en cas de variation d'activité déterminée par la conception / la capacité du projet Oui : en cas de déplacement d'activités probable avec des défaillances de marché analogues
Emploi	Activité et meilleurs emplois Chômage	Non : (effets locaux uniquement) Oui : si la répartition régionale présente un intérêt Oui : en cas de déplacement inférieur à 100 %

Déplacement

Pour finir, nous revenons sur la question du déplacement, lequel se produit quand l'expansion de l'activité dans une zone entraîne une régression dans une autre zone. La modélisation formelle est-elle nécessaire pour rendre compte des effets de déplacement, ou bien une utilisation judicieuse des informations relatives au projet et au contexte dans lequel il s'inscrit peut-elle fournir des indications suffisantes ?

Les deux principaux canaux par lesquels le déplacement se manifeste sont le marché du travail et les marchés des produits. Si un projet de transport entraîne un investissement créateur d'emplois, d'où viennent les travailleurs ? Certains peuvent venir d'une participation accrue à la population active (taux d'activité en hausse), une réponse de l'offre (locale) examinée plus haut. Sinon, l'explication implicite est qu'ils se sont déplacés après avoir quitté les emplois qu'ils occupaient ailleurs dans l'économie. Cet avis se fonde sur l'idée que, dans des économies de marché fonctionnant plutôt bien, l'emploi – à long terme – est proche d'un taux naturel. Un déplacement à 100 % implique que les effets sur l'emploi ont une valeur nulle et peuvent être laissés de côté – encore qu'il puisse être intéressant de les restituer par secteur ou par région, et qu'il soit possible que des responsables politiques accordent une valeur particulière au fait d'accroître l'emploi dans certains secteurs ou certaines régions.

S'agissant des mécanismes relatifs aux marchés des produits, la question est de savoir si l'investissement qui suit une amélioration des transports est un investissement supplémentaire ou un simple transfert à partir d'un autre endroit où l'activité avait la même valeur. Dans le cas d'activités parfaitement échangeables à l'échelle internationale, il est probable que le déplacement sera nul ; si une usine d'assemblage de véhicules qui jouit d'une bonne mobilité internationale fait un choix entre deux juridictions différentes, il est peu probable que la juridiction qui l'attire soit la destination d'autres activités du même type.

Pour les activités non échangeables, la situation par défaut est inversée. La clientèle d'un aménagement destiné au commerce de détail vient, dans une large mesure, d'autres sites commerciaux,

aussi le déplacement est-il élevé. Il convient donc de faire preuve de discernement quant aux effets sur l'attractivité de différents lieux. Il peut y avoir des effets de seuil, qui font que le réaménagement à grande échelle d'une zone peut produire les effets décrits dans la section sur l'occupation des sols, mais avec un déplacement très éparpillé, qui n'aura que des effets marginaux sur les autres zones et ne conduira pas à une perte égale d'attractivité. C'est pourquoi, le développement d'un pôle d'activité – comme le pôle de services financiers de la City de Londres – peut attirer des travailleurs spécialisés de partout au Royaume-Uni, sans pour autant saper un autre pôle de services financiers dans le pays.

Il est évident, au vu de ces arguments, que les effets de déplacement sont extrêmement spécifiques du projet et du contexte. Il est donc d'autant plus nécessaire que les examens préalables partent de l'énoncé des visées stratégiques du projet et s'appuient sur la connaissance des secteurs et des marchés qui seront vraisemblablement concernés par celui-ci.

Résumé et conclusions

Les investissements dans le secteur du transport peuvent générer des avantages économiques qui viennent s'ajouter aux avantages pour l'utilisateur traditionnellement mesurés. Ces avantages plus larges apparaissent à mesure que l'amélioration des transports intensifie des échanges économiques qui font croître la productivité ; cela peut se produire dans des pôles d'activité, sur des zones étroitement définies, ou à une échelle plus vaste, par une meilleure liaison entre territoires. Les transports déterminent le niveau et la localisation de l'investissement privé, débloquent la construction de logements et déclenchant le réaménagement à grande échelle de zones urbaines ou autres. Ils influent sur le marché du travail, permettant à un nombre potentiellement plus important de travailleurs d'accéder à un emploi. Ces effets peuvent générer des gains de revenu réel, en particulier dans les zones où les investissements induits par les transports rencontrent des défaillances du marché liées à des rendements d'échelle croissants, des obstacles à l'occupation efficiente des sols et des imperfections du marché du travail.

L'examen préalable des projets de transport doit associer pertinence et rigueur. La pertinence exige une prise en compte des spécificités du contexte. On doit disposer d'un texte énonçant clairement les objectifs que chaque projet devrait permettre d'atteindre, et l'examen préalable doit rendre compte des voies causales par lesquelles le projet est censé produire les effets escomptés. Cela incite à adopter une approche modulaire (selon les orientations données dans ce chapitre et résumées dans le Graphique 5.1). Pour maintenir la rigueur nécessaire, et garantir une comparabilité entre projets, les modules doivent reposer sur un ensemble uniforme de principes. Ceux-ci doivent reposer sur la théorie économique et avoir pour but de déterminer les variations de revenu réel (bien-être). On doit donc être attentif à recenser les variations quantitatives dans l'ensemble de l'économie. La valeur de ces variations dépend de différentes défaillances du marché et doit être analysée par comparaison avec une économie « parfaite » dans laquelle les petites variations ne produisent aucune valeur sociale.

Certains mécanismes et modules d'évaluation connexes sont déjà très élaborés et possèdent une solide base de référence, en particulier ceux qui traitent de la proximité et de la productivité ainsi que de l'activité de la main-d'œuvre et de l'emploi. D'autres, intéressant le changement dans l'occupation des sols, le développement dépendant et l'échec de coordination, doivent encore être affinés. Ces travaux ne sont pas pertinents uniquement pour l'examen préalable des projets de transport, mais aussi, plus largement, pour l'évaluation des changements de politique microéconomique.

Notes

- ¹ Pour un examen approfondi des questions évoquées dans ce document et de leur relation avec les pratiques en vigueur au Royaume-Uni, voir Venables et al. (2015).
- ² Dans tout ce chapitre, nous nous concentrons sur les effets du projet achevé. Nous n'examinons pas les coûts de construction des projets, pas plus que nous ne prenons en compte l'activité économique temporaire créée par cette construction.
- ³ Il va de soi que ces avantages ne vont pas nécessairement à l'utilisateur directement, car ils peuvent, par exemple, être transférés sur les loyers et saisis dans l'estimation de la valeur foncière.
- ⁴ Duranton et Puga (2004) étudient ces notions.
- ⁵ Dans les travaux publiés en économie, cet aspect est souvent modélisé comme la présence d'une large gamme de « variétés » d'intrants intermédiaires. Chaque variété produit un surplus du consommateur qui échappe au fournisseur (en d'autres termes, le fournisseur ne peut pas établir une discrimination parfaite par le prix). Voir la section suivante pour un examen plus approfondi de cette notion.
- ⁶ Voir, par exemple, Audretsch et Feldman (2004), Glaeser et Gottlieb (2009).
- ⁷ Les élasticités sont donc comprises entre 0.05 et 0.1 puisque $2^{(0.05)} = 1.03$ et $2^{(0.11)} = 1.08$.
- ⁸ Les propriétaires occupants des maisons existantes étant indifférents à la division.
- ⁹ Simmonds (2012) présente la question ainsi : « si un changement dans les transports améliore l'accès au centre d'une ville et provoque une augmentation de la demande de magasins et de services dans cette zone, il est vraisemblable que cela entraînera une amélioration de l'offre de commerce de détail dans ce centre, ce qui constituera une externalité bénéficiant aux résidents qui jouissent d'un accès facile à ce centre ». Voir aussi Martinez et Arraya (2000), Geurs et al. (2006 ; 2010).
- ¹⁰ D'après Venables (2016).
- ¹¹ Pour plus d'informations sur la possibilité d'une perte de bien-être quand les produits sont de parfaits substituts, voir Mankiw et Whinston (1986).
- ¹² Redding et Turner (2014) ont étudié quelques-uns de ces travaux. Sur le plan méthodologique, on peut faire un parallèle avec les essais cliniques : certaines zones bénéficient du « traitement » que représente l'investissement, tandis que d'autres forment le groupe de contrôle. Il est rare en revanche que la zone à « traiter » soit sélectionnée de façon aléatoire, comme ce serait le cas des personnes participant à un essai clinique. On utilise donc des variables instrumentales pour remédier à ce problème. Pour des exemples probants de l'approche, voir Baum-Snow (2007), Donaldson (à paraître), Duranton et Turner (2012).

References

- Aschauer, D.A. (1989), « Is public expenditure productive? » *Journal of Monetary Economics*, vol. 23, pp. 177-200.
- Aschauer, D.A. (1990), « Highway capacity and economic growth », *Economic Perspectives*, vol. 14, pp. 14-24.
- Audretsch, D.B. et M.P. Feldman (2004), « Knowledge spillovers and the geography of innovation » in Henderson, J.V. et J.F. Thisse (dir.pub.), *Handbook of Urban and Regional Economics*, vol. 4, Elsevier.
- Baum-Snow, N. (2007), « Did highways cause suburbanization? » *Quarterly Journal of Economics*, vol. 122, n° 2, pp. 775-805.
- Broda, C. et D.E. Weinstein (2006), « Globalization And The Gains From Variety », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 121, n° 2, pp. 541-585.
- Ciccone, A. et R. Hall (1996), « Productivity and the Density of Economic Activity », *American Economic Review*, n° 87, pp. 54-70.
- Combes, P.-P., Duranton, G. et Gobillon, L. « (2008), “Spatial wage disparities: Sorting matters! », *Journal of Urban Economics*, vol. 63, n° 2, pp. 723-742.
- De Palma, A, R. Lindsey, E. Quinet et R. Vickerman (eds) (2011), « A Handbook of Transport Economics », Edward Elgar, Cheltenham.
- Donaldson, D. (à paraître), « Railroads of the Raj: Estimating the impact of transportation infrastructure », *American Economic Review*.
- Duranton, G. et D. Puga, (2004), « Micro-foundations of urban agglomeration economies », in J. V. Henderson et J. F. Thisse (dir.pub.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 4, Elsevier.
- Duranton, G. et M.A. Turner (2012), « Urban growth and transportation », *Review of Economic Studies*, vol. 79, n° 4, pp. 1407-1440.
- Fujita, M, P. Krugman et A.J. Venables (1999), « The spatial economy: cities, regions and international trade », MIT press.
- Geurs, K., B. Zondag, G. De Jong et M. De Bok (2010), « Accessibility appraisal of landuse/transport policy strategies: More than just adding up travel-time savings », *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 15, n° 7, pp. 382-393.
- Geurs, K.T., B. Van Wee P. et Rietveld (2006), « Accessibility appraisal of integrated landuse-transport strategies: methodology and case study for the Netherlands Randstad area », *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 33, n° 5, pp. 639-660.
- Glaeser, E.L. et J.D. Gottlieb (2009), « The Wealth of Cities: Agglomeration Economies and Spatial Equilibrium in the United States », *Journal of Economic Literature*, vol. 47, n° 4, pp. 983-1028.

- Graham D., S. Gibbons et R. Martin (2010), « The spatial decay of agglomeration economies: Estimates for use in transport appraisal », Rapport pour le Département des Transports, octobre 2010.
- Mackie, P., D. Graham et J. Laird (2011), « The direct and wider impacts of transport projects; a review », dans De Palma, A, R. Lindsey, E. Quinet, et R. Vickerman (dir.pub.), (2011), « A Handbook of Transport Economics. Edward Elgar », Cheltenham.
- Mankiw, N.G. et M. Whinston (1986), « Free Entry and Social Inefficiency », *Rand Journal of Economics*. vol. 17, pp. 48-58.
- Marshall, A (1890), « Principles of Economics », Londres et New York: Macmillan.
- Martinez, F. et C. Araya (2000), « Transport and land-use benefits under location externalities », *Environment and Planning A*, vol. 32, n° 9, pp. 1611-1624.
- Melo P.C., D.J. Graham et R. Brage-Ardao (2013), « The productivity of transport infrastructure investment: A meta-analysis of empirical evidence », *Regional Science and Urban Economics*, vol. 43, pp. 695-706.
- Melo, P.C., D.J. Graham et R.B. Noland (2009), « A meta-analysis of estimates of urban agglomeration economies », *Regional Science and Urban Economics*, vol. 39, pp. 332-342.
- Puga, D. et J. de la Roca (2012), « Learning by working in big cities », document de travail n° 9243 du CEPR.
- Redding, S.J. et M. Turner (2014), « Transportation costs and the spatial organisation of economic activity », n° w20235, National Bureau of Economic Research.
- Rice, P.G., A.J. Venables et E. Patachini (2006), « Spatial determinants of productivity; analysis for UK regions », *Regional Science and Urban Economics*, vol. 36, pp. 727-752.
- Rosenthal, S.S. et W.C. Strange (2004), « Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration Economies », dans J. V. Henderson et J. F. Thisse (dir.pub.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 4, Elsevier.
- Simmonds, D.C. (2012), « Developing land-use/transport economic efficiency appraisal », www.davidsimmonds.com/files/LUTEE-paper-for-ETC-v3-111012-1.pdf.
- Spatial Economic Research Centre (SERC) (2009), « Strengthening the economic linkages between Leeds and Manchester », Report to Northern Way.
- Venables, A.J. (2016), « Transport appraisal with land-use change », document de travail, Oxford.
- Venables, A.J., J.Laird et H.G. Overman (2015), « Transport Investment and Economic Performance », www.gov.uk/government/publications/transport-investment-and-economic-performance-tiep-report.
- Worsley, T. (2011), « The Evolution of London's Crossrail Scheme and the Development of the Department for Transport's Economic Appraisal Methods », Documents de travail du Forum international des transports, vol. 2011, n° 27, Éditions OCDE, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/5kg0prk600jk-en>.

Annexes

Annexe I. Accessibilité et productivité

Le tableau A.1 présente les élasticités de la productivité par rapport à la masse économique. Il ne vise pas à fournir un état définitif des valeurs des paramètres, mais à indiquer les magnitudes et à illustrer les difficultés.

Dans la première partie du tableau, les unités d'observation sont les lieux. Les résultats sont tirés d'un article de revue (Rosenthal et Strange, 2004) et d'études portant sur les États-Unis (Ciccone et Hall, 1996) et le Royaume-Uni (Rice et al., 2006). Après neutralisation de la qualification et, dans Rice et al., élimination des différences dans la structure des professions, les chercheurs ont trouvé des élasticités comprises entre 0.03 et 0.04. Rice et al. (2006) estiment également, plutôt qu'ils ne l'imposent, le taux d'atténuation spatiale des effets ; ceux-ci décroissent nettement après 45 minutes environ de temps de conduite, ce qui revient à dire qu'ils sont concentrés dans la zone de déplacement domicile-travail.

La deuxième partie du tableau représente les études fondées sur des données à l'échelle des entreprises (pour le Royaume-Uni, des usines présentes dans l'Annual Respondents' Database). L'étude de Graham et al. (2009) estime les relations de productivité par secteur, en se servant d'un accès à la masse économique (*ATEM*) calculé pour le lieu et le secteur des usines et des bureaux. Des élasticités de même magnitude sont dérivées de ces travaux et témoignent d'une hétérogénéité considérable, les effets les plus importants concernant les services aux entreprises. Le coefficient de déclin spatial a été estimé pour chaque secteur séparément ; il est plus élevé pour les activités de service, ce qui laisse supposer une incitation à créer des pôles de service fortement concentrés. Cette étude fournit les élasticités généralement utilisées dans les évaluations du ministère des Transports du Royaume-Uni.

La troisième partie du tableau A.1 donne les résultats de l'estimation des équations de salaire, c'est-à-dire de l'examen des facteurs déterminant les revenus des travailleurs. Les trois études citées portent sur des données concernant l'Espagne, la France et le Royaume-Uni. Le fait de travailler à partir de données individuelles permet de répondre à la question « des personnes comparées aux lieux » en utilisant un niveau fin de variables de contrôle individuelles – en général, la qualification, l'âge et l'expérience. Là encore, les élasticités de la productivité sont de même taille, celles de la France (Combes et al., 2008) et de l'Espagne (Puga et Roca, 2012) s'établissant à 0.046 et 0.05 respectivement.

Les études de cette troisième partie contiennent deux extensions importantes. L'une est que, si certaines caractéristiques des travailleurs sont observables – âge, qualification et expérience –, leurs aptitudes fondamentales ne le sont pas. Tout effet de sélection, comme le fait que les personnes dotées des aptitudes fondamentales les plus élevées ont une plus forte probabilité de migrer vers les grandes villes, introduit un biais. Les effets fixes individuels neutralisent ce biais, leur identification découlant du suivi des individus qui migrent. Les estimations de ce type sont présentées dans la dernière ligne de chaque étude et, dans la plupart des cas, réduisent nettement l'élasticité de la productivité. Pour Combes et al. (2008) et pour Puga et Roca (2012), la prise en compte de ces effets individuels divise approximativement l'élasticité par deux, mais celle-ci reste néanmoins dans la fourchette donnée dans les études précédentes.

La deuxième extension est le fait que les travaux du SERC (2009) rendent compte d'une modélisation plus sophistiquée de l'accès à la masse économique, qui construit les mesures d'*ATEM* séparément pour deux modes de transport différents (l'automobile et le chemin de fer) et estime l'effet conjoint de ces deux mesures sur les salaires. En accord avec les résultats ci-dessus, ils observent que la neutralisation des caractéristiques observables des individus (et des emplois) réduit l'effet de l'accès à la masse économique (dans une proportion comprise entre un quart et un tiers). L'effet de l'élimination des caractéristiques non observables varie selon que l'on examine l'effet de l'accessibilité par la route ou par le train. Pour l'accessibilité par la route, permettre le tri sur la base des caractéristiques non observées accroît l'effet estimé (et le rend significatif). À l'inverse, pour l'accessibilité par le train, permettre le tri diminue l'effet estimé d'un coefficient 3 (plus important que la réduction obtenue dans les études qui ne travaillent pas par mode de transport).

Tableau A.1. **Accessibilité et productivité**

	Élasticité de la productivité par rapport à l'ATEM	Variables de contrôle	Mesure de la distance / déclin spatial
Unité d'observation : Lieux			
Rosenthal et Strange (2004)	0.05 – 0.11	---	Article de revue ---
Cicccone et Hall (1996)	0.03	Niveau d'instruction	Fixe
Rice, Venables et Pattachini (2006)	0.04	Profession, qualification	Temps de parcours. Estimation.
Unité d'observation : Entreprises			
	Moy. économie : 0.043		
	Par secteur :		
Graham et al. (2009)	Manuf. : 0.021	Caractéristiques des entreprises (âge, par exemple)	Distance géographique. Estimation.
	Construction : 0.034		
	Serv. conseil : 0.024		
	Serv. entreprises : 0.083		
Unité d'observation : Travailleurs			
		Observables (profession, âge, qualification, expérience) ²	Non observables (effets individuels fixes) ²
Combes et al (2008)	0.035	√	X
	0.024	X	√
Puga et Roca (2012)	0.046	√	X
	0.023	√	√
SERC (2009) ¹ Automobile	0.08 (non signif.)	X	X
	0.05 (non signif.)	√	X
	0.07	√	√
SERC (2009) ¹ Chemin de fer	0.258	X	X
	0.17	√	X
	0.05	√	√

1. SERC 2009, colonnes 1, 5, 6, tableau 8, p. 49.

2. √, variable de contrôle incluse. X, variable de contrôle exclue.

Annexe II. Investissement et changement dans l'occupation des sols

Construction de logements : la variation de bien-être (à une approximation de premier ordre) correspond à la règle de la moitié, plus la variation en volume multipliée par la marge prix-coût moyenne,

$$\Delta W = \Delta T \{Q_0 + (Q_1 - Q_0)/2\} + (Q_1 - Q_0)(p_1 - c_1 + p_0 - c_0)/2 \quad (1)$$

Le texte fait référence aux deux éléments sous la forme UB et WB respectivement. Après réorganisation,

$$\Delta W = -\Delta t \cdot Q_0 + (Q_1 - Q_0)(p_1 - c_1 + p_0 - c_0 - \Delta t)/2 \quad (2)$$

La hausse de la valeur des terrains correspond à la variation de prix multipliée par la quantité initiale, plus la quantité supplémentaire multipliée par le nouveau prix, moins le coût d'opportunité moyen (coût de construction plus valeur des terrains dans le mode d'occupation précédent) :

$$\Delta V = (p_1 - p_0)Q_0 + (Q_1 - Q_0)(p_1 - (c_1 + c_0)/2) \quad (3)$$

La hausse de la valeur des terrains mesure la variation de bien-être, $\Delta V = \Delta W$, si et seulement si $p_1 - p_0 = \Delta t$, c'est-à-dire si la variation de prix est égale à l'avantage pour l'utilisateur et n'est pas influencée par la variation de la quantité fournie.

Changement dans l'occupation des sols, affectés à un aménagement commercial : pour une courbe de la demande iso-élastique, $x = p^{-\sigma}$, les dépenses sont données par $px = p^{1-\sigma}$ et le surplus du consommateur (CS) est donné par l'intégrale de la zone située au-dessous de la courbe de la demande et au-dessus du prix, $CS = p^{1-\sigma}/(1-\sigma)$, d'où un rapport du surplus du consommateur sur les dépenses égal à $1/(1-\sigma)$. Pour un traitement plus complet, avec plusieurs variétés et une structure spatiale, voir Fujita et al. (1999).

Liste des participants

<p>Pr Jonas ELIASSON Professor Transport Systems Analysis Royal Institute of Technology Teknikringen 10 100 44 STOCKHOLM Suède</p>	Président
<p>Pr Mogens FOSGERAU Dept. Transport Policy and Behaviour Technical University of Denmark (DTU) Wildersgade 60a 2-1 1408 COPENHAGEN K Danemark</p>	Rapporteur
<p>Dr Marco KOUWENHOVEN Significance Koninginnegracht 23 2514 AB THE HAGUE Pays-Bas</p>	Rapporteur
<p>M. Pim WARFFEMIUS Researcher - Project Manager, Transportation Economics Netherlands Institute for Transport Policy Research (KiM) Ministry of Infrastructure and the Environment P.O. Box 20901 2500 EX DEN HAAG Pays-Bas</p>	co-Rapporteur
<p>M. Anthony VENABLES BP Professor of Economics University of Oxford University of Oxford Old Indian Institute 34 Broad Street OX1 3BD OXFORD Royaume-Uni</p>	Rapporteur

M. Glen WEISBROD
President
Economic Development Research Group, Inc
155 Federal St., Suite 155
02110 BOSTON
États-Unis

Rapporteur

M. Lars ROGNLIEN
Associate Director
EY
680 George Street
NSW 2000 SYDNEY
Australie

Pr Michael A.P. TAYLOR
Transport Planning
Barbara Hardy Institute
University of South Australia, Building C
Manwson lakes Campus
GPO Box 2471
5001 ADELAIDE
Australie

Pr William ANDERSON
Director
Cross-Border Institute
University of Windsor
401 Sunset Avenue
N9B 3P4 WINDSOR
Canada

Pr Juan-Carlos MUÑOZ
Department Transport Engineering and Logistics
Pontificia Universidad Católica de Chile
School of ENgineering
Escuela de Ingeniería.
Vicuña Mackenna 4860, Macul.
7820436 SANTIAGO
Chili

M. Per SkrumSager HANSEN
Senior Advisor
Ministry of Transport
Erhvervs- og Analysekontoret
Frederiksholms Kanal 27F
1220 COPENHAGEN K
Danemark

Mme Ninette PILEGAARD
Senior Researcher
Department of Transport
Technical University of Denmark
Bygningstorvet, Building 116B
KGS. LYNGBY

Danemark

Pr Hani MAHMASSANI
Civil and Environmental Engineering
Transportation Center
Northwestern University
300 Chambers Hall, 600 Foster
60208 EVANSTON

États-Unis

Pr Pravin VARAIYA
Department of Electrical Engineering and Computer Science
Berkeley University of California
Office 271M Cory Hall
94720 BERKELEY

États-Unis

M. Clifford WINSTON
Senior Fellow Economic Studies Program
The Brookings Institution
1775 Massachusetts Avenue, N.W.
WASHINGTON

États-Unis

Dr André DE PALMA
Ecole normale supérieure de Cachan
61 avenue du président Wilson
94230 CACHAN

France

Dr David MEUNIER
Laboratoire Ville Mobilité Transport
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
Ecole des Ponts (UMR LVMT)
6-8 Avenue Blaise Pascal
77455 MARNE LA VALLÉE CEDEX 2

France

M. Jean-Claude PRAGER

Directeur

Société du Grand Paris

62 rue de Mirosmesnil

75008 PARIS

France

Pr Emile QUINET

ENPC - Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (Université Paris Val-de-Marne)

28, rue des Saints Pères

75007 PARIS

France

Pr Hironori KATO

University of Tokyo

2-17-58 Higashi Kunitachi

186-0002 TOKYO

Japon

Pr Oded CATS

Department of Transport and Planning

Delft University of Technology Faculty of Civil Engineering and Geosciences Transport and Planning Stevinweg 1

Bldg. 23, Stevinweg 1

DELFT

Pays-Bas

M. Christopher CAMPBELL

Economic Advisor

Department for Transport (DfT)

Great Minster House

76 Marsham Street

SW1P 4DR LONDON

Royaume-Uni

Pr Daniel GRAHAM

Department of Civil Engineering

Imperial College London

Skempton Building

South Kensington Campus

SW7 2AZ LONDON

Royaume-Uni

M. Joseph LOWE
 Head of Economics Branch
 Public Spending Group (2/N1)
 HM Treasury
 1, Horse Guards Road
 SW1A 2HQ LONDON
Royaume-Uni

Pr Peter MACKIE
 Institute for Transport Studies
 University of Leeds
 36 University Road
 LS2 9JT LEEDS
Royaume-Uni

Pr Roger VICKERMAN
 Director
 Centre for European, Regional and Transport Economics
 University of Kent
 Keynes College
 CT2 7NP CANTERBURY
Royaume-Uni

M. Tom WORSLEY
 Head of Division
 Integrated Transport Economics and Appraisal
 Department for Transport
 Great Minster House, Room 3/06A
 76 Marsham Street
 SW1P 4DR LONDON
Royaume-Uni

M. Gunnar ISACSSON
 Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)
 Olaus Magnus väg 35
 SE-581 95 LINKÖPING
Suède

Observateur

Mme Cécile CHÈZE
 Doctorante en Sciences Economiques
 Laboratoire d'Economie des Transports (LET)
 France

OCDE

M. Kurt VAN DENDER
Head of Tax and the Environment Unit
CTP/TPS/OECD
Annexe Delta 7160
2 rue André-Pascal
75016 PARIS

FIT Recherche et politique

M. Stephen PERKINS
Head Research and Policy
2 rue André-Pascal
75016 Paris

M. Daniel VERYARD
Transport Analyst

Mme Jagoda EGELAND
Transport Analyst

M. Lorenzo CASULLO
Transport Analyst

Mme Lorna WILSON
Assistant

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements oeuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, la Corée, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, Israël, l'Italie, le Japon, la Lettonie, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

Mesurer les avantages socio-économiques des transports

L'objet de ce rapport est d'exposer plusieurs des progrès récemment accomplis dans la mesure et l'analyse des avantages économiques des transports et de mettre en relief les méthodes les plus prometteuses. Sous l'effet conjugué de la sophistication des chaînes logistiques modernes et de la tertiarisation, les décideurs s'intéressent de plus en plus aux avantages économiques des transports au-delà de ceux traditionnellement considérés. L'évolution des méthodes d'évaluation et leur application dans l'aide à la décision rendent nécessaire de dresser un état des lieux dans deux domaines en particulier : les avantages liés à la fiabilité des transports et les effets économiques plus larges de l'évolution de la situation dans les transports.

Forum International des Transports

2 rue André Pascal
75775 Paris Cedex 16
France
T +33 (0)1 45 24 97 10
F +33 (0)1 45 24 13 22
Email : contact@itf-oecd.org
Web: www.itf-oecd.org



OECD *publishing*
www.oecd.org/publishing



(74 2016 04 2E1)
ISBN 978-92-821-0822-2